

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL: FITOTECNIA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**MODELO DE GESTIÓN PRODUCTIVA PARA EL CULTIVO  
DE CAFÉ (*COFFEA ARABICA* L.) EN EL SUR DE ECUADOR**



Autor: Alicia Alarcó López

Tutor: Carlos Gregorio Hernández Díaz-Ambrona

Cotutor: Pablo Acosta Quezada



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

**Título del PFC:** Modelo de gestión productiva para el cultivo de café (*coffea arabica* L.) en el sur de Ecuador.

**Autor:** Alicia Alarcó López ([alicia.alarco.lopez@gmail.com](mailto:alicia.alarco.lopez@gmail.com))

**Tutor:** Carlos Gregorio Hernández Díaz-Ambrona (UPM)

**Cotutor:** Pablo Acosta Quezada (UTPL)

**Tribunal:**

**PRESIDENTE**

---

Fdo.

**SECRETARIO**

---

Fdo.

**VOCAL**

---

Fdo.

**Calificación:**

---

**Fecha:** Madrid, 2011

**Observaciones:**

Este PFC se realizó gracias al programa de movilidad de estudiantes de la Universidad Politécnica de Madrid en la convocatoria de ayudas para realizar Proyectos Fin de Carrera en el marco de cooperación para el desarrollo. Ha sido tutorado por Carlos Gregorio Hernández Díaz-Ambrona, profesor del Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, y co-tutorado por Pablo Acosta Quezada, director del Departamento de Servicios Agropecuarias de la Universidad Técnica Particular de Loja.

.

*“Hemos de forjar nuestras culturas y nuestras vidas,  
desde principios que tejan el mundo como un sitio de  
cooperación, generosidad, con nuevos principios universales  
mediante la solidaridad, no la hegemonía”.*

Vandana Shiva

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a la UPM la confianza que depositó en mí proporcionándome la beca de cooperación.

A la Universidad Técnica Particular de Loja y en especial a Pablo Acosta y a todos los que conforman el Departamento de Servicios Agropecuarios, no hay palabras para agradecerles todo lo que me han enseñado y ayudado.

A mi tutor Carlos Hernández, gracias por confiar en mí y por la paciencia que ha tenido durante todo este tiempo.

A Cesar Pérez, gracias por la ayuda que me ha prestado durante todo el proyecto, sin usted el recibimiento en Ecuador no hubiera sido el mismo.

A mis ñañas ecuatorianas Vero, Amelia, Samara, Mariel, Ana, Diana y Nora, gracias por ser como son, desde que las conocí me hicieron disfrutar de principio a fin.

A Jorge, Felipe y David sin sus bielas, karaokes y risas mi estancia en Ecuador no hubiese sido la misma, mil gracias.

A mis amigas y amigos chicharreros, aunque llevemos años lejos, gracias por siempre estar ahí, sois una parte importantísima de mi vida.

A mis niñas de Madrid, gracias por haber sido mi familia durante la carrera y por siempre estar, tanto en lo bueno como en lo malo.

A mis amigos y amigas de Madrid, gracias por todas las experiencias que hemos vivido juntos y por la amistad que me han demostrado durante estos años.

A Iván (Vene) el amor de mi vida, gracias por aportarme tanto cada día, sin ti no hubiera llegado hasta donde estoy.

A mi familia, en especial a mi madre, gracias por ser un pilar fundamental en mi vida y por apoyarme siempre.

# ÍNDICE GENERAL

## DOCUMENTO 1

<b>MEMORIA.....</b>	<b>1</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
III. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR ECUATORIANO.....	20
IV. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL <i>COFFEA ARABICA</i> EN LA PARROQUIA VILCABAMBA.....	33
V. CONCLUSIONES.....	38
VI. PLAN ECONÓMICO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	40
<b>ANEJOS A LA MEMORIA.....</b>	<b>45</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	45
II. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	48
III. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR ECUATORIANO.....	132
IV. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL <i>COFFEA ARABICA</i> EN LA PARROQUIA VILCABAMBA.....	165
V. ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS EXPERIMENTALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.....	173
VI. PLAN ECONÓMICO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	175
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>187</b>

## DOCUMENTO 2

<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>195</b>
-------------------------	------------

## DOCUMENTO 3

<b>PLANOS.....</b>	<b>209</b>
--------------------	------------

# ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1. NATURALEZA DEL PROYECTO.....	1
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	1
3. PROMOTORES DEL PROYECTO.....	2
<b>II. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
1. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO EN ECUADOR.....	3
2. SUR DE ECUADOR.....	3
2.1 UBICACIÓN.....	3
2.2 VARIABLES AMBIENTALES.....	4
2.3 ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO.....	6
2.4 INFRAESTRUCTURAS Y COMUNICACIONES.....	6
3. CAFÉ EN ECUADOR.....	7
3.1 VARIEDADES DE CAFÉ ARÁBIGA EN ECUADOR.....	7
3.2 CONDICIONES AMBIENTALES Y AGRONÓMICAS PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ EN ECUADOR.....	8
3.2.1 Condiciones ambientales y agronómicas de un cafetal.....	8
3.2.2 Sistema de manejo de un cafetal.....	9
3.2.3 Fenología del cafeto.....	11
3.2.4 Cosecha y postcosecha.....	12
3.2.5 Fertilización de un cafetal.....	13
3.2.6 Control de plagas y enfermedades.....	13
3.2.7 Control de malezas y poda de cafetos.....	14
3.3 PROBLEMÁTICA DE LOS CAFETALES ECUATORIANOS.....	15
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	16
4.1 FEDERACIÓN DE ASOCIACIONES DE PEQUEÑOS CAFETALEROS ECOLÓGICOS DEL SUR (FAPECAFES).....	17
4.1.1 Análisis DAFO.....	17
4.1.2 Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del Cantón Loja (APECAEL).....	18
<b>III. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR ECUATORIANO.....</b>	<b>20</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	20
2. CARACTERIZACIÓN.....	21
2.1 DEFINICIÓN DE CARACTERIZACIÓN.....	21
2.2 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	21
3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 66 ACCESIONES COLECTADAS EN EL SUR ECUATORIANO.....	21
3.1 GRUPOS AGRONÓMICOS.....	22
3.2 EVALUACIÓN DE CARACTERES MORFOLÓGICOS.....	23
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	24
3.4 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LOS 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS EVALUADOS.....	25
3.5 ANÁLISIS MULTIVARIADO DE AGRUPAMIENTOS SEGÚN 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS.....	28



3.6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) PARA 66 ACCESIONES DE CAFÉ CON REFERENCIA A 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS.....	29
<b>IV. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL <i>COFFEA ARABICA</i> EN LA PARROQUIA VILCABAMBA.....</b>	<b>33</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	33
2. MODELO MATEMÁTICO.....	33
3. MAPA POTENCIAL PARA CULTIVO DEL CAFÉ EN LA PARROQUIA VILCABAMBA.....	36
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>VI. PLAN ECONÓMICO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....</b>	<b>40</b>
1. PLAN ECONÓMICO.....	40
2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	41
 <b>ÍNDICE DE LOS ANEJOS</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>45</b>
1. RESUMEN.....	45
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	46
3. PROMOTORES DEL PROYECTO.....	47
<b>II. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>48</b>
1. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO EN ECUADOR.....	48
1.1 ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO.....	48
1.2 OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO.....	49
2. SUR DE ECUADOR.....	53
2.1 UBICACIÓN.....	53
2.2 VARIABLES METEOROLÓGICAS.....	54
2.3 RELIEVE.....	56
2.4 GEOLOGÍA Y SUELOS.....	57
2.5 HIDROGRAFÍA.....	60
2.6 VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO.....	61
2.6.1 Zonas de vida ecológicas.....	61
2.6.2 Vegetación natural característica del valle de Loja.....	63
2.6.3 Usos del suelo.....	63
2.7 FAUNA.....	66
2.8 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL.....	67
2.8.1 Ámbito nacional.....	67
2.8.2 La municipalidad del cantón Loja.....	69
2.9 ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO.....	70
2.9.1 Demografía.....	70
2.9.2 Migración.....	71
2.9.3 Etnias.....	71
2.9.4 Educación.....	72
2.10 INFRAESTRUCTURAS Y COMUNICACIONES.....	73

2.10.1 Salud.....	73
2.10.2 Vivienda.....	73
2.10.3 Sistema vial.....	74
2.10.4 Abastecimiento y acceso al agua.....	75
2.10.5 Suministro y distribución de energía eléctrica.....	76
3. CAFÉ EN ECUADOR.....	76
3.1 DISTRIBUCIÓN DE CAFÉ EN ECUADOR.....	76
3.2 VARIEDADES DE CAFÉ EN ECUADOR.....	77
3.3 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ.....	80
3.4 CONDICIONES AGRONÓMICAS PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ.....	81
3.4.1 Sistema de manejo de un cafetal.....	81
3.4.2 Topografía del terreno.....	83
3.4.3 Características físico-químicas de los suelos.....	84
3.4.4 Flora asociada al cultivo del café.....	85
3.4.5 Avifauna asociada a sistemas forestales.....	93
3.4.6 Obtención del material vegetal para siembra.....	95
3.4.7 Fenología y establecimiento del cultivo del café.....	95
3.4.8 Cosecha.....	106
3.4.9 Postcosecha.....	107
3.4.9.1 Beneficio por vía húmeda.....	107
3.4.9.2 Beneficio por vía seca.....	109
3.4.10 Riego.....	110
3.4.11 Elementos esenciales y fertilización de un cafetal.....	110
3.4.12 Control de plagas y enfermedades.....	113
3.4.12.1 Control de plagas.....	113
3.4.12.2 Control de enfermedades.....	115
3.4.13 Control de malezas.....	117
3.4.14 Poda de cafetos.....	117
3.5 PRODUCCIÓN DE LOS CAFETALES ECUATORIANOS.....	119
3.6 COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO.....	120
4. PRINCIPALES ORGANISMOS QUE INTERVIENEN EN EL SECTOR CAFETALERO ECUATORIANO.....	121
5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	122
5.1 FEDERACIÓN DE ASOCIACIONES DE PEQUEÑOS CAFETALEROS ECOLÓGICOS DEL SUR (FAPECAFES).....	122
5.1.1 Análisis DAFO.....	123
5.1.2 Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del Cantón Loja (APECAEL).....	125
5.1.2.1 Análisis de problemas.....	130
5.1.2.1 Matriz de planificación del marco lógico.....	131
<b>III. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR ECUATORIANO.....</b>	<b>132</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	132
1.1 CONCEPTO E IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS.....	132
1.2 RECURSOS FITOGENÉTICOS EN ECUADOR.....	132
1.3 DIVERSIDAD GENÉTICA DEL CAFÉ.....	133
2. CARACTERIZACIÓN.....	133
2.1 DEFINICIÓN DE CARACTERIZACIÓN.....	133
2.2 TIPOS DE CARACTERIZACIONES.....	134
2.2.1 Caracterización morfológica.....	134
2.2.2 Caracterización molecular basada en isoenzimas.....	135
2.2.3 Caracterización mediante marcadores moleculares basados en ADN.....	135

3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 66 ACCESIONES COLECTADAS EN EL SUR ECUATORIANO.....	136
3.1 GRUPOS AGRONÓMICOS.....	138
3.2 EVALUACIÓN DE CARACTERES MORFOLÓGICOS.....	141
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	142
3.4 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LOS 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS EVALUADOS.....	144
3.4.1 Variación de caracteres evaluados en la arquitectura de la planta.....	144
3.4.2 Variación de caracteres evaluados en la hoja.....	147
3.4.3 Variación de caracteres evaluados en el fruto.....	150
3.4.4 Variación de caracteres evaluados en la semilla.....	154
3.5 ANÁLISIS MULTIVARIADO DE AGRUPAMIENTOS SEGÚN 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS.....	156
3.6. ANÁLISIS MULTIVARIADO DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) PARA 66 ACCESIONES DE CAFÉ CON REFERENCIA A 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS.....	158
4. DISCUSIÓN.....	162
4. 1 VARIABILIDAD DE LOS 24 DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS DEL GERMOPLASMA ESTUDIADO.....	162
4.2 RELACIÓN MORFOLÓGICA ENTRE EL GERMOPLASMA DE CAFÉ ARÁBIGA SEGÚN EL ANÁLISIS MULTIVARIANTE.....	163
5. CONCLUSIONES.....	164
<b>IV. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL <i>COFFEA ARABICA</i> EN LA PARROQUIA VILCABAMBA.....</b>	<b>165</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	165
2. MODELO MATEMÁTICO.....	166
3. MAPA POTENCIAL PARA CULTIVO DEL CAFÉ EN LA PARROQUIA VILCABAMBA.....	168
4. RECOMENDACIONES PARA LAS ZONAS DE POTENCIAL MEDIO Y BAJO....	171
<b>V. ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS EXPERIMENTALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.....</b>	<b>173</b>
<b>VI. PLAN ECONÓMICO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....</b>	<b>175</b>
1. PLAN ECONÓMICO.....	175
1.1 PRESUPUESTO DESGLOSADO.....	175
1.2 COSTE FINAL DEL PROYECTO.....	180
2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	181

# ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS DE LA MEMORIA

## FIGURAS:

**Figura 1:** Ubicación de la parroquia Vilcabamba en la provincia de Loja en el sur de Ecuador (elaboración propia).

**Figura 2:** Variedad caturra (izquierda) y variedad typica (derecha) (elaboración propia).

**Figura 3:** De izquierda a derecha y de arriba abajo: Taller de realización de planes de negocios FAPECAFES en las instalaciones de la UTPL (UTPL, 2011); el Ingeniero Vinicio Carrión en un cafetal del cantón Loja (elaboración propia); semillero de café del cantón Loja (elaboración propia); Reunión con un productor de FAPECAFES (elaboración propia).

**Figura 4:** Cascada ubicada en la carretera que une la provincia de Loja con la de Zamora Chinchipe (elaboración propia).

**Figura 5:** Dendograma UPGMA que relaciona la morfología de 66 accesiones de café arábica, establecidas en 16 grupos agronómicos y con referencia a 24 descriptores morfológicos.

**Figura 6:** Ordenación de 24 caracteres morfológicos con referencia a 66 accesiones de café arábica según CP1 y CP2 establecidas en cuatro grupo de caracteres.

**Figura 7:** Ordenación de las 66 accesiones de café arábica con referencia a 24 caracteres morfológicos, según CP1 y CP2.

**Figura 8:** Mapa potencial para el cultivo del café en la parroquia Vilcabamba.

## TABLAS:

**Tabla 1:** Temperatura y precipitaciones medias anuales del sur de Ecuador (INAMHI, 2008).

**Tabla 2:** Condiciones ambientales de la parroquia Vilcabamba (Richter & Moreira-Muñoz, 2005; Holdridge, 1987; HCPL, 2004).

**Tabla 3:** Variedades y características de *Coffea arabica* del sur de Ecuador (Christiansen, 2004; ICAFE, 1998).

**Tabla 4:** Condiciones ambientales y agronómicas óptimas para el cultivo de café (IHCAFE, 1998; Valencia y Bravo, 1975).

**Tabla 5:** Árboles más utilizados como sombrío de cafetales en Ecuador (FHIA, 2004; CORECAF, 2000).

**Tabla 6:** Plagas y enfermedades más frecuentes en la caficultura ecuatoriana (ICAFE, 1998; CORECAF, 2000).

**Tabla 7:** Análisis DAFO de la Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur (FAPECAFES).

**Tabla 8:** Matriz del marco lógico (elaboración propia)

**Tabla 9:** Grupos agronómicos y códigos de las accesiones colectadas en el sur de Ecuador.

**Tabla 10:** Lista de caracteres morfológicos y sus respectivas unidades de medida.

**Tabla 11:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para todos los caracteres morfológicos.

**Tabla 12:** Medidas de centralización y dispersión de los todos los caracteres morfológicos en las 66 accesiones.

**Tabla 13:** Valores propios (auto-valores) superiores a 1 y proporción de la varianza total explicada, correspondiente a cada una de las componentes principales con referencia a los 24 caracteres morfológicos de las 66 accesiones de café arábica.

**Tabla 14:** Condiciones óptimas para el cultivo de café (IHCAFE, 1998; Valencia y Bravo, 1975).

**Tabla 15:** Zonas óptimas (ZP) para el cultivo del café en la parroquia Vilcabamba.

# ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS DE ANEJOS A LA MEMORIA

## FIGURAS:

- Figura 9:** Mapa de ubicación de la zona de estudio (elaboración propia).
- Figura 10:** Esquema de la circulación de corrientes de aire en febrero y Julio en los valles de Loja y Vilcabamba, y en la región amazónica de Zamora (Richter y Moreira-Munoz, 2005).
- Figura 11:** Depresión Andina (Richter y Moreira-Munoz, 2005).
- Figura 12:** Pisos altitudinales de la parroquia Vilcabamba (elaboración propia).
- Figura 13:** Rocas sedimentarias de los alrededores de la ciudad de Loja (PNUMA, 2007).
- Figura 14:** Clasificación de suelos de la parroquia Vilcabamba (elaboración propia).
- Figura 15:** Ríos presentes en la parroquia Vilcabamba (elaboración propia).
- Figura 16:** Áreas protegidas en la parroquia Vilcabamba (elaboración propia).
- Figura 17:** Uso actual del suelo en la parroquia Vilcabamba (elaboración propia).
- Figura 18:** Uso potencial del suelo en la parroquia Vilcabamba (elaboración propia).
- Figura 19:** Etnias propias de la sierra ecuatoriana (elaboración propia).
- Figura 20:** Mapa base de la parroquia Vilcabamba donde se encuentran representadas las vías primarias y vías secundarias de la zona (elaboración propia).
- Figura 21:** Principales zonas cafetaleras de Ecuador (COFENAC, 2011).
- Figura 22:** Variedad Typica (elaboración propia).
- Figura 23:** Variedad Caturra (elaboración propia).
- Figura 24:** Representación de las cinco grandes clases de sistemas cafetales (Moguel y Toledo, 1999).
- Figura 25:** *Ricinus communis* (Lecema, 2004).
- Figura 26:** Árbol de Leucanea (HEAR, 2009).
- Figura 27:** Flor de *Tephrosia vogelii* (NRI, 2010).
- Figura 28:** Cultivo de café bajo sombra transitoria de papayeros (izquierda) y planta maíz (derecha) (elaboración propia).
- Figura 29:** Fruto del guabo (elaboración propia).
- Figura 30:** Sistema agroforestal conformado por Laurel y cafetos (REHAB initiatives, 2010).
- Figura 31:** Bosque de *Cedrela odorata* (Navarro, 1997).
- Figura 32:** Cafetal asociado con Poro en Costa Rica (Wikipedia, 2010).
- Figura 33:** Inflorescencias y ramificaciones de *acacia macracantha* (Plantes & Botanique, 2008).
- Figura 34:** Siembra y germinación de la semilla de café (Figura parte superior: elaboración propia; Figura parte inferior: Arcila et al., 2001).
- Figura 35:** Fase de emergencia de la semilla de cafeto (Figura de la izquierda: elaboración propia); Figura de la derecha: Arcila et al., 2001).
- Figura 36:** Plántulas o chapolas de café con raíz adecuada para el trasplante en vivero (IHCAFE, 2001).
- Figura 37:** Plántulas en el estadio 10 y 11, recién trasplantadas en bolsas de polietileno (Figura de la izquierda: elaboración propia; Figura de la derecha: Arcila et al., 2001).
- Figura 38:** Plantas de café recién trasplantadas (estado 20) (elaboración propia).
- Figura 39:** Estadios fenológicos de la planta de café durante el desarrollo de la inflorescencia y durante el desarrollo del fruto (Arcila et al., 2001).
- Figura 40:** Frutos maduros de un cafeto de la especie *Coffea arabica* (elaboración propia).
- Figura 41:** Recolección a mano de frutos maduros de un cafeto de la especie *Coffea arabica* (elaboración propia).
- Figura 42:** Secadero de café (CIEPO, 2007).
- Figura 43:** Esquema del recorrido del flujo de aire a través del silo secador (Cenicafé, 1999).

**Figura 44:** Eliminación de cochinilla mediante aceite vegetal (elaboración propia).

**Figura 45:** Crecimiento del cafeto (Fischersworing y Robkamp, 2001).

**Figura 46:** Productores de APECAEL realizando operaciones de transporte y beneficio, y sede de la asociación APECAEL (Figura de la izquierda: Fundación Colinas Verdes, Figura de la derecha: elaboración propia).

**Figura 47:** Encuesta realizada a los socios de APECAEL en febrero del 2011.

**Figura 48:** Árbol de problemas de los productores de APECAEL (elaboración propia).

**Figura 49:** Imagen escaneada de la variedad caturra, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Figura 50:** Imagen escaneada de la variedad typica, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Figura 51:** Imagen escaneada de la variedad bourbón amarillo, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Figura 52:** Imagen escaneada de la variedad catimor, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Figura 53:** Imagen escaneada de la variedad cavimor, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Figura 54:** Imagen escaneada de la variedad pacas, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Figura 55:** Imagen escaneada de la variedad catimoro, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Figura 56:** Material vegetal escaneado para la posterior aplicación del programa “Image Tool”.

**Figura 57:** Ejemplo de caracteres medidos directamente en la planta (altura de la planta y distancia entre nudos).

**Figura 58:** Dendograma UPGMA que relaciona la morfología de 66 accesiones de café arábica, establecidas en 16 grupos agronómicos y con referencia a 24 descriptores morfológicos.

**Figura 59:** Ordenación de 24 caracteres morfológicos con referencia a 66 accesiones de café arábica según CP1 y CP2 establecidas en cuatro grupos de caracteres.

**Figura 60:** Ordenación de las 66 accesiones de café arábica con referencia a 24 caracteres morfológicos, según CP1 y CP2.

**Figura 61:** Superposición de información cartográfica para la obtención de un mapa de uso potencial para el cultivo de café en la parroquia Vilcabamba.

**Figura 62:** Mapas utilizados para la generación del mapa potencial.

## **TABLAS:**

**Tabla 16:** Índice de Desarrollo Humano por provincias (INEC, 2001).

**Tabla 17:** Índice de Desarrollo Humano por Cantones (Centro de Asesoría de Desarrollo Empresarial y Social CADES-UTPL, 2010).

**Tabla 18:** Vegetación natural del valle de Loja (PNUMA, 2007).

**Tabla 19:** Uso actual del suelo y uso potencial del suelo en la parroquia Vilcabamba (HCPL, 2004).

**Tabla 20:** Población del cantón Loja proyectada al 2006 (INEC, 2001).

**Tabla 21:** Tipos de vivienda en Ecuador (INEC, 2001).

**Tabla 22:** Tipos de vías de la República de Ecuador (MTOP, 2002).

**Tabla 23:** Propiedades físicas adecuadas para el cultivo de café (ICAFE, 1998).

**Tabla 24:** Equilibrio óptimo de cationes en el suelo de un cafetal (Guerrero, 1980).

**Tabla 25:** Condiciones medias para las características de fertilidad de un suelo (Valencia y Bravo, 1975).

**Tabla 26:** Aves presentes en la parroquia Vilcabamba (GPL, 2011).

**Tabla 27 :** Descripción de las fases fenológicas del café (*Coffea sp.*) en el estado principal 0 (Arcila et al., 2001).

**Tabla 28:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café en el almácigo (Arcila et al., 2001).

**Tabla 29:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante el crecimiento vegetativo (Arcila et al., 2001).

**Tabla 30:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante el crecimiento vegetativo (Arcila et al., 2001).

**Tabla 31:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante el desarrollo de la inflorescencia y durante el desarrollo de la antesis (Arcila et al., 2001).

**Tabla 32:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante el desarrollo del fruto y de la semilla (Arcila et al., 2001).

**Tabla 33:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante la maduración del fruto y de la semilla, y durante la senescencia (Arcila et al., 2001).

**Tabla 34:** Elementos esenciales para el crecimiento, reproducción y resistencia a plagas y enfermedades de un cafetal (Mora, 2008).

**Tabla 35:** Riqueza porcentual de algunos abonos orgánicos (CORECAF, 2000).

**Tabla 36:** Principales plagas del cultivo de café en Ecuador (ICAFE, 1998).

**Tabla 37:** Enfermedades de mayor incidencia en el cultivo del café en Ecuador (CORECAF, 2000).

**Tabla 38:** Sistemas de poda de cafetos (Fischersworing y Robkamp, 2001).

**Tabla 39:** Asociaciones que forman parte de FAPECAFES (FAPECAFES, 2011).

**Tabla 40:** Evolución de precios al productor pagados por FAPECAFES (\$/quintal) (FAPECAFES, 2011).

**Tabla 41:** Análisis DAFO de la Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur (FAPECAFES).

**Tabla 42:** Grupos agronómicos, lugar de colecta, asociación y códigos de las variedades colectadas en el sur ecuatoriano.

**Tabla 43:** Lista de caracteres morfológicos y sus respectivas unidades de medida.

**Tabla 44:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para los caracteres morfológicos de arquitectura de la planta.

**Tabla 45:** Valores medios de las 66 accesiones para los caracteres de arquitectura de la planta.

**Tabla 46:** Medidas de centralización y dispersión de los caracteres morfológicos con referencia a la arquitectura de la planta, en las 66 accesiones.

**Tabla 47:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para los caracteres morfológicos de la hoja.

**Tabla 48:** Valores medios de las 66 accesiones para los caracteres de la hoja.

**Tabla 49:** Medidas de centralización y dispersión de los caracteres morfológicos con referencia a la hoja, en las 66 accesiones.

**Tabla 50:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para los caracteres morfológicos del fruto.

**Tabla 51:** Valores medios de las 66 accesiones para los caracteres del fruto.

**Tabla 52:** Medidas de centralización y dispersión de los caracteres morfológicos con referencia al fruto, en las 66 accesiones.

**Tabla 53:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para los caracteres morfológicos de la semilla.

**Tabla 54:** Valores medios de las 66 accesiones para los caracteres de la semilla.

**Tabla 55:** Medidas de centralización y dispersión de los caracteres morfológicos con referencia a la semilla, en las 66 accesiones.

**Tabla 56:** Valores propios (auto-valores) superiores a 1 y proporción de la varianza total explicada, correspondiente a cada una de las componentes principales con referencia a los 24 caracteres morfológicos de las 66 accesiones de café arábica.

**Tabla 57:** Construcción de las tres primeras componentes principales (auto-vectores) en base a los 24 caracteres morfológicos.

**Tabla 58:** Condiciones óptimas para el cultivo de café (IHCAFE, 1998; Valencia y Bravo, 1975).

**Tabla 59:** Zonas óptimas (ZP) para el cultivo del café en la parroquia Vilcabamba.

**Tabla 60:** Superficie ocupada por cada zona considerada en el estudio.



# **DOCUMENTO 1**

**MEMORIA**



## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1. NATURALEZA DEL PROYECTO**

A nivel internacional, Ecuador es uno de los pocos países que presentan producción de café de las dos variedades más comercializadas: arábica y robusta. Junto con el banano y el cacao, el café constituye uno de los principales productos agrícolas de Ecuador, no obstante su rendimiento es bajo (195 kg/ha).

El cultivo de café en Ecuador posee tanto valor económico, como social y ecológico. La importancia social y económica se basa en la generación de empleo para 105.000 familias de productores; así como para 700.000 familias adicionales vinculadas a los procesos de comercialización, industrialización, transporte y exportación. En el orden ecológico, la importancia del café radica en la amplia adaptabilidad de los cafetales a los distintos agro ecosistemas de las cuatro regiones del país: Costa, Sierra, Amazonía e Islas Galápagos (COFENAC, 2011).

La caficultura, a pesar de la trascendencia económica, social y ambiental que tiene para un amplísimo número de familias ecuatorianas, siempre ha sido mantenida como una actividad marginal, desligada de sus propias lógicas económicas, no obstante, ha sobrevivido como actividad económica en algunas zonas. Esta situación dificulta la inserción del cafetalero ecuatoriano en la nueva tendencia mundial: producir café de calidad, en mayor volumen y menor coste (CORECAF, 2000).

La zona sur del país posee unas condiciones agroclimáticas ventajosas para la producción de café especial, pero carece de instrumentos para poder llevar a cabo acciones que contribuyan al mejoramiento de la productividad y calidad del café. Debido a esto, el presente proyecto tiene como misión la creación de herramientas que permitan a los productores tomar decisiones con más criterios agronómicos.

### **2. OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto del proyecto consiste en elaborar un modelo de gestión productiva para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en el sur del Ecuador.

El Proyecto Fin de Carrera (PFC) se ha desarrollado en el cantón Loja y se prevé su ejecución en la parroquia Vilcabamba. El proyecto se estructuró según tres objetivos específicos:

1º Estudio de las condiciones socioeconómicas, ambientales y agronómicas relacionadas con el cultivo de café arábica en la parroquia Vilcabamba.

2º Caracterización morfológica del germoplasma de café arábica distribuido en el sur de Ecuador.

3º Generación de un mapa potencial para la gestión productiva del café arábica en la parroquia Vilcabamba.

El segundo objetivo se realizó en todo el sur ecuatoriano (en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el Oro), pues se contaban con los medios suficientes para su elaboración.

### **3. PROMOTORES DEL PROYECTO**

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) y la Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur (FAPECAFES) serán las encargadas de ejecutar este proyecto, siempre y cuando se consiga la financiación necesaria para llevarlo a cabo.

## **II. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **1. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO EN ECUADOR**

El Índice de desarrollo humano (IDH) actual de la República de Ecuador es de 0,696, lo que lo coloca en el puesto 77 de los 169 países en los que se ha evaluado este indicador. Cabe destacar, que en comparación con la media de Latinoamérica (0,706), este país sudamericano se encuentra por debajo del nivel de la región.

En la provincia de Loja, el cantón Loja es el que presenta mayor IDH (0,71) y el cantón Olmedo el que menor (0,6), lo que refleja la gran desigualdad existente en la región lojana.

En referencia a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODMs), los resultados obtenidos en el primer informe desarrollado por Ecuador en el año 2005, no son nada alentadores. Desde 1995 no existen cambios en cuanto a la disminución de la pobreza extrema, la reducción de la mortalidad infantil y la erradicación del analfabetismo. La incidencia del VIH no se ha frenado y la violencia de género no se han conseguido detener; en el mercado laboral, la situación sigue sin ser igualitaria. Por otra parte, la elevada deforestación y erosión presente en Ecuador, lo coloca en uno de los países latinoamericanos con mayor degradación ambiental.

Cabe mencionar que algunos de los objetivos han ido por buen cauce en los últimos seis años. La igualdad en el acceso a la educación entre hombres y mujeres casi se ha alcanzado, asimismo se ha experimentado un gran adelanto en temas de saneamiento y acceso a agua potable.

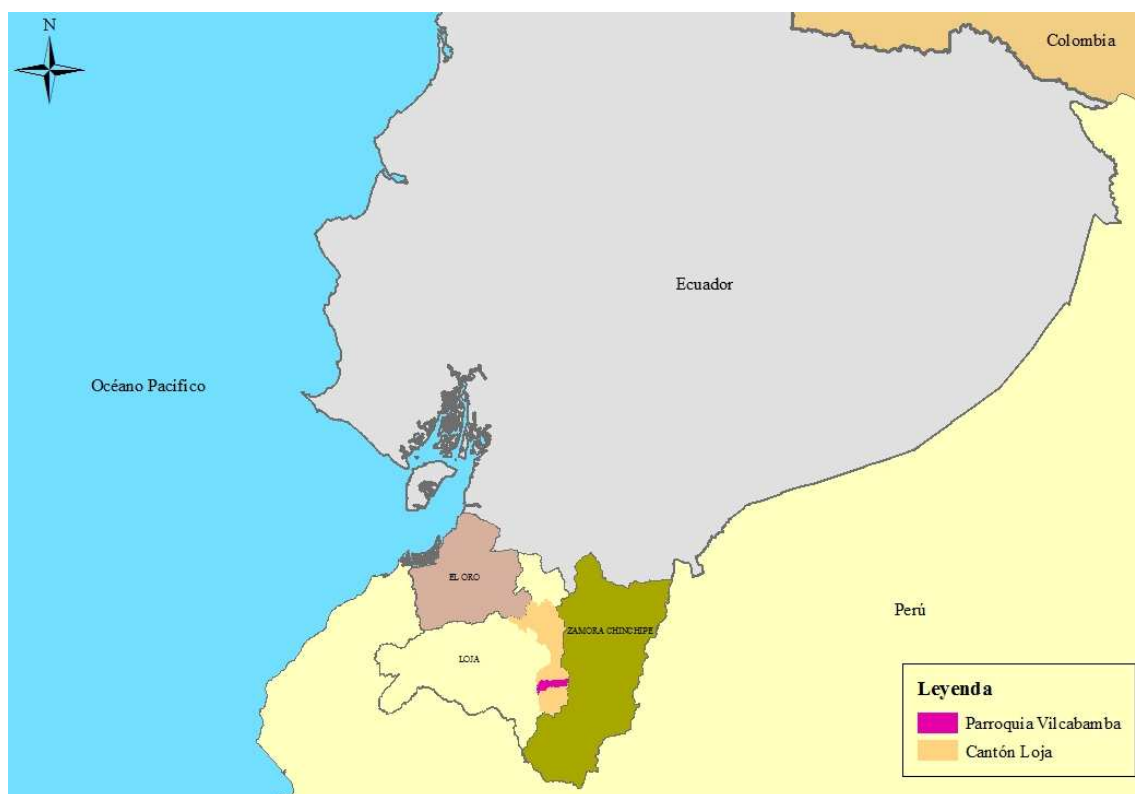
### **2. SUR DE ECUADOR**

#### **2.1 UBICACIÓN**

La zona de estudio (Figura 1) se ubica en el sur ecuatoriano, en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y El Oro. Sin embargo, aunque en esas tres provincias se haya realizado parte del proyecto (la caracterización morfológica), es en la parroquia Vilcabamba, situada en el cantón Loja, provincia de Loja, donde se han realizado los tres objetivos específicos de los que consta el proyecto.

Estas tres provincias poseen una extensión de 27.440,98 km<sup>2</sup>, y se están constituidas por 39 cantones y 191 parroquias rurales.

La parroquia de Vilcabamba, se encuentra ubicada bajo las coordenadas geográficas: latitud: S 4° 20' / S 4° 10' y longitud: W 79° 15' / W 79° 0' y su extensión se estima en 157,26 km<sup>2</sup>.



**Figura 1:** Ubicación de la parroquia Vilcabamba en la provincia de Loja en el sur de Ecuador (elaboración propia).

## 2.2 VARIABLES AMBIENTALES

El clima del sur ecuatoriano (Tabla 1) es muy diverso, pues en esta pequeña región se pueden encontrar las tres zonas geográficas en las que se divide el país: La costa, la sierra y la Amazonía.

**Tabla 1:** Temperatura y precipitaciones medias anuales del sur de Ecuador (INAMHI, 2008).

CLIMA DEL SUR ECUATORIANO		
	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
<b>EL ORO</b>	23	200-1500
<b>ZAMORA CHINCHIPE</b>	24	2.000-3.000
<b>LOJA (Vilcabamba)</b>	18	800

En la provincia de El Oro, las temperaturas son las típicas de la región costera ecuatoriana, sin embargo, su régimen pluviométrico es inferior al de otras provincias del litoral. Por otra parte, Zamora Chinchipe, al estar asentada en la Amazonía ecuatoriana, presenta temperaturas elevadas, humedades que pueden superar el 90% y precipitaciones, en muchas épocas, superiores a 3.000 mm.

En la provincia de Loja, en especial en los valles de Loja y Vilcabamba, al no existir altitudes extremas, las temperaturas se encuentran entre los 15 y 21°C. En la tabla 2 se pueden observar las características ambientales de la parroquia objeto de estudio.

**Tabla 2:** Condiciones ambientales de la parroquia Vilcabamba (Richter & Moreira-Muñoz, 2005; Holdridge, 1987; HCPL, 2004)

<b>CLIMA</b>	Clima subtropical templado con temperaturas y precipitaciones medias anuales de 18°C y 800 mm respectivamente.
<b>RANGOS ALTITUDINALES</b>	1400 - 3760 msnm
<b>RELIEVE Y GEOLOGÍA</b>	El relieve del área de estudio se encuentra marcado por zonas accidentadas, con topografía muy irregular, lo que propicia los deslizamientos naturales, pudiendo encontrarse pendientes desde planas (0 a 16%) a mayores del 58%. El basamento rocoso de la parroquia objeto de estudio es de tipo sedimentario propio de la era terciaria.
<b>SUELOS</b>	Los suelos del valle de Vilcabamba se caracterizan por presentar, en gran parte del territorio, potenciales hidrógeno ligeramente ácidos, profundidades moderadas (50-100 cm) y amplias diferencias texturales, pudiendo hallarse desde suelos moderadamente pesados (franco arcillosos) a livianos (franco arenosos).
<b>ZONAS DE VIDA ECOLÓGICAS</b>	<p>Bosque húmedo montano (bh-M): ubicado entre los 2.500 y 3.300 msnm. Dificil establecimiento de labores agrícolas. Vegetación casi inalterada debido a las bajas temperaturas.</p> <p>Bosque seco montano bajo (bs-MB): se asienta entre los 2.000 a 3000msnm. Vegetación propia de este bosque ha sido sustituida por cultivos y árboles no propios de la región.</p> <p>Bosque seco premontano (bs-PM): formación típica de las altitudes inferiores a los 2.000 msnm. Zona altamente erosionada cuya vegetación se ha sustituido por cultivos y pastos.</p> <p>Paramo (P): localizado entre los 2.800 y 3.000 msnm, donde su vegetación típica herbácea ha sido sustituida por gramíneas y cultivos.</p>
<b>USOS DEL SUELO</b>	<p>Los porcentajes aproximados de cada uso actual del suelo son:</p> <p>Sistemas silvopastoriles: 0,55 %</p> <p>Zona erosionadas: 38,03 %</p> <p>Bosque natural de altura: 32,9%</p> <p>Bosque natural intervenido: 0,38 %</p> <p>Cultivo anual sin erosión: 11,4 %</p> <p>Matorral: 4,37 %</p> <p>Paramo: 5,88 %</p> <p>Pasto natural: 5,64 %</p> <p>Reforestación con pino y eucaliptos: 0,83 %</p> <p>Lagunas: 0,02 %</p>

## **2.3 ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO**

La zona sur del país alberga a una población de 1.144.471 habitantes, lo que representa el 8,29% de la población nacional total. En la provincia de Loja, la población asciende a 446.743 habitantes, siendo el cantón Loja, el que mayor número de habitantes posee (44,1% del total de la provincia Loja). En la parroquia Vilcabamba, según datos del Censo del año 2001 proyectados al 2006 había 4.293 habitantes, sin embargo, según funcionarios de la zona, en la actualidad la población superaría los 5.000 habitantes.

Cabe destacar, que la población de la zona sur del país sería notablemente superior de no haber padecido la gran crisis económica que afectó Ecuador a finales de los años 90, donde 80.000 habitantes de las tres provincias, dedicados especialmente al sector agrario, migraron. España fue uno de los principales destinos de los migrantes del sur ecuatoriano.

Con motivo de esta problemática, a finales del 2008, se estableció un convenio entre la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Secretaría Nacional del Migrante de Ecuador (SENAMI) llamado “Iniciativas de Inmigrantes en Retorno y Desarrollo (INRED)”, cuyo objetivo es apoyar a los inmigrantes con idea de retorno, con el fin de crear negocios relacionados con el ámbito rural.

Por otra parte, la provincia de Loja, en relación con la educación superior, se encuentra entre las que mayor cantidad de estudiantes universitarios posee, donde el número de mujeres con estudios superiores es mayor al de hombres.

## **2.4 INFRAESTRUCTURAS Y COMUNICACIONES**

En referencia al acceso de la vivienda en el cantón Loja, el déficit de la misma es inferior al compararlo con el resto del país, no obstante, en la parroquia objeto de estudio, de los 1.000 hogares existentes, más de 200 se encuentran en condiciones de hacinamiento.

El acceso al agua potable en Loja y El Oro ha sido un problema desde años atrás, pues las dos provincias presentan déficit hídrico. La demanda de agua potable en las dos provincias es superior a la oferta, debido al crecimiento poblacional y a las elevadas pérdidas de la red de distribución. En Vilcabamba, el caudal de agua distribuido es de 15 litros/segundo y cubre el 70% de este servicio.

Al contrario ocurre con el suministro y distribución de energía eléctrica, donde la provincia de El Oro es la que mayor disponibilidad presenta. En la provincia de Loja, el cantón del mismo nombre es el que mayor cobertura (95%) tiene al compararlo con los demás, y en la parroquia Vilcabamba este servicio llega al 94% de los hogares.

La mayor parte de las infraestructuras de salud se encuentran ubicadas en las provincias de Loja y El Oro. Zamora Chinchipe sólo presenta el 11% de las infraestructuras de salud existentes en las tres provincias. Vilcabamba cuenta con un centro médico pequeño, pero al estar a 50 km de la ciudad de Loja, puede contar con los numerosos hospitales y centros de los que dispone la capital de provincia.

En cuanto a la red vial del sur del país, las carreteras más transitadas son: la vía Machala-Guayaquil (E25), la vía Loja-Cuenca (E35) y la vía Loja-Catamayo (E35). En la provincia Loja, el cantón Loja es el que mayor longitud de vía estatal contiene (184,41 km), asimismo



es el que alberga mayor número de kilómetros de caminos vecinales y provinciales (599,29 km).

### 3. CAFÉ EN ECUADOR

El café se produce en 20 de las 24 provincias de Ecuador, y ocupa aproximadamente 350.000 hectáreas equivalentes a casi un 20% de la superficie cultivable del país. Aunque en el país se cultivan las variedades arábica y robusta, en la zona sur sólo se produce *Coffea arabica* (López-Domínguez & Zurita, 2001).

#### 3.1 VARIEDADES DE CAFÉ ARÁBIGA EN ECUADOR

Las principales variedades arábicas cultivadas en Ecuador son: typica, bourbón, caturra, pacas, catuaí, catimor, salchimor y cavitom, y se pueden diferenciar en dos grandes grupos, según si son de porte alto o bajo (Tabla 3).

**Tabla 3:** Variedades y características de *Coffea arabica* del sur de Ecuador (Christiansen, 2004; ICAFE, 1998).

VARIEDAD	PORTE	CARACTERÍSTICAS
Typica	Alto	Frutos grandes, con alto rendimiento peso/volumen. Genera una bebida de alta calidad (Figura 2).
Bourbón	Alto	Producción más temprana y uniforme que la typica, y buen rendimiento.
Caturra	Bajo	Menor distancia de siembra que bourbón y typica y producción alta (Figura 2).
Pacas	Bajo	Mutación del bourbón. Por encima de los 1000 msnm su producción baja aunque mantiene la calidad.
Catuaí	Bajo	Variedad resultante del cruzamiento de las variedades caturra y mundo novo. Precocidad para entrar en producción aunque poca uniformidad en la maduración.
Catimor	Bajo	Consiste en un cruce entre el híbrido timor (resistente a la Roya del café) y la variedad caturra. Altos rendimientos y buena calidad de la bebida.
Sarchimor	Bajo	Variedad que proviene del cruce del híbrido timor y el villa sarchi. Buenos rendimientos peso/volumen. Mayor incidencia de las enfermedades mancha de hierro y mal de hilachas, aunque resistente a la roya.
Cavitom	bajo	Resultante del cruce del híbrido timor y catuaí. Altos rendimientos. Resistente a la roya del café.



**Figura 2:** Variedad Caturra (izquierda) y variedad Typica (derecha) (elaboración propia).

### 3.2 CONDICIONES AMBIENTALES Y AGRONÓMICAS PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ EN ECUADOR.

#### 3.2.1 Condiciones ambientales y agronómicas de un cafetal

Las características adecuadas para el desarrollo óptimo de un cafetal se describen a continuación (Tabla 4).

**Tabla 4:** Condiciones ambientales y agronómicas óptimas para el cultivo de café (ICAFE, 1998; Valencia y Bravo, 1975).

CARACTERÍSTICAS ÓPTIMAS PARA EL DESARROLLO DE UN CAFETAL	
<b>ALTITUD</b>	La altitud óptima se localiza entre los 1.200 y 1.700 msnm, aunque en Ecuador se han llegado a establecer desde los 300 msnm y por encima de los 1.700 msnm con buenos rendimientos.
<b>TEMPERATURA</b>	Entre los 15 y 24°C
<b>PRECIPITACIONES</b>	El rango de precipitaciones óptimas para el cultivo del café puede variar de 1.000 a 3.000 mm.
<b>HUMEDAD RELATIVA</b>	En torno al 70-85%
<b>VIENTO</b>	El umbral para no producir daños físicos ni fisiológicos al cafeto es de 20 a 30 km/hora.
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Se adapta con facilidad a condiciones topográficas desfavorables, aunque los terrenos ligeramente ondulados y planos son mejores para este cultivo.
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p>Propiedades Físicas: La textura adecuada para el cafetal es media o limosa, con estructura granular. La profundidad efectiva debe ser mayor de 50 cm.</p> <p>Propiedades químicas: El rango de pH óptimo se encuentra entre 5,5 y 6,5. El porcentaje de materia orgánica se debe encontrar en 2-5%, y el de nitrógeno superior al 3% para el adecuado desarrollo del café. Las condiciones óptimas en cuanto a macronutrientes para este cultivo son de 0,2-0,7 (meq/100gr) en el caso del potasio y 6-14 (ppm) en el caso del fósforo.</p>

### **3.2.2 Sistema de manejo de un cafetal**

Existen cinco categorías para clasificar a los sistemas cafetales en función de su diversidad y complejidad (Moguel y Toledo, 1999):

- a) Sistema tradicional o rústico: donde los cafetos se insertan dentro de un bosque ya existente.
- b) Sistema de policultivo tradicional: cafetal cultivado bajo sombra menos densa constituida por especies forestales de valor medicinal.
- c) Sistema de policultivo comercial: los cafetos se encuentran bajo sombra de bananeros y frutales.
- d) Sistema bajo sombra especializada y fuertemente controlada: cafetal bajo sombra de una o dos especies forestales, normalmente leguminosas.
- e) Monocultivo: cultivo de café expuesto totalmente a radiación solar.

Ecuador es un país donde las condiciones agroclimáticas se caracterizan por: veranos secos, intensa radiación solar y suelos erosionados, por ello se hace indispensable la utilización de sombríos en el cultivo del café. El establecimiento de café asociado produce muchas ventajas, entre las que cabe destacar: la reducción de los riegos económicos propios del monocultivo muy sensible a las oscilaciones de los precios de un único producto, la diversificación de flora y fauna beneficiosa, la generación de un microclima adecuado para el cafetal, la disminución de la acción erosiva, etc. Por consiguiente, se puede afirmar que la vinculación cafetal-arbolado, no sólo proporciona ganancias directas para el productor sino que también contribuye con la sostenibilidad ecológica, financiera y social del sistema.

Las especies más utilizadas para sombra de cafetales en Ecuador son:

**Tabla 5:** Árboles más utilizados como sombrío de cafetales en Ecuador (FHIA, 2004; CORECAF, 2000).

<b>SOMBRA TRANSITORIA: se implanta junto al cultivo de café en los periodos iniciales y se elimina cuando la sombra permanente produzca el sombrío adecuado.</b>	
Tipos de sombra transitoria:	
Banano	<p>Ventajas: su rápido crecimiento proporciona al cafetal sombra durante los dos primeros años. Genera ingresos al productor en poco tiempo.</p> <p>Desventajas: sombra irregular, puede haber competencia banano-cafeto, fragilidad en caso de vientos fuertes.</p>
Higuerilla	<p>Ventajas: bajos costes de producción, se adapta fácilmente a distintos ambientes, resistencia a plagas y enfermedades.</p> <p>Desventajas: manejo complicado.</p>
Leucanea	<p>Ventajas: especie forrajera de alta calidad</p> <p>Desventajas: susceptible al ataque de bacterias y hongos</p>
Tefrosia	<p>Ventajas: sombrío superior al de otras especies, favorece el reciclado de nutrientes y el desarrollo de microfauna en el suelo.</p> <p>Desventajas: aumento de mano de obra, pues esta especie necesita de dos podas anuales.</p>
<b>SOMBRA PERMANENTE: se utiliza para proteger al cafetal del exceso de radiación, vientos fuertes y veranos secos, de forma definitiva.</b>	
Tipos de sombra permanente:	
Guabo o Guaba	<p>Ventajas: especie leguminosa, por lo que tiene capacidad de fijar nitrógeno. Su constante caída de hojas proporciona al suelo una cobertura que posteriormente, gracias a su descomposición, se convertirá en materia orgánica. Genera ingresos gracias a sus frutos y a su leña.</p> <p>Desventajas: necesario prácticas de manejo para que proporcione la sombra adecuada.</p>
Laurel	<p>Ventajas: proporciona hojarasca al suelo contribuyendo con la fertilidad y el control de la erosión. Resistente a vientos fuertes, sequías, y a plagas y enfermedades. Su madera tiene buena consideración y se utiliza como especie forrajera.</p> <p>Desventajas: especie invasora, sensible a las inundaciones y a suelos ácidos. Sus hojas, raíces y tallos son un atractivo para los insectos, y las hojas y la raíz para los hongos.</p>
Cedro	<p>Ventajas: sistema cedro-café ha dado buenos resultados. Produce madera de calidad usada en la industria y elaboración de muebles.</p> <p>Desventajas: en altitudes inferiores a 1.500 msnm es propenso al ataque <i>hypsipyla grandella</i> (larva de la palomilla).</p>
Poró	<p>Ventajas: tolera tanto la sequía como las épocas lluviosas. Especie fijadora de nitrógeno. Proporciona leña y forraje muy bien considerado.</p> <p>Desventajas: necesidad de podas para la obtención de una sombra homogénea.</p>
Faique	<p>Ventajas: leguminosa con alto valor forrajero y como madera para la industria. Especie fijadora de nitrógeno. También por sus flores, está bien valorada en apicultura.</p> <p>Desventajas: aunque se adapta a distintas distribuciones altitudinales, por encima de los 3.000 msnm se dificulta su fructificación y no alcanza su tamaño normal.</p>

Se debe tener en cuenta que la elección del tipo de sombra transitoria y permanente depende de cada país, e incluso, en el caso de Ecuador, de la región, pues cada zona tiene sus especies autóctonas y cultivos más productivos, y es conveniente que sean esos con los que se realice el asocio.

### **3.2.3 Fenología del cafeto**

Los árboles de café son arbustos perennes que si se les permite crecer libremente pueden llegar a medir hasta 20 metros de altura. La vida útil de los cafetos es de 20 a 30 años, sin embargo, su ciclo de vida está directamente relacionado con las condiciones climáticas y edáficas en las que se encuentren establecidos, por lo que unas condiciones desfavorables, pueden acortar la vida de los mismos. Asimismo, la duración de cada fase fenológica está sujeta a las condiciones ambientales que surjan en cada etapa y también de la variedad utilizada.

Aunque en cada zona existan manejos de cultivo y condiciones edafoclimáticas diferentes, las etapas fenológicas se pueden clasificar en los siguientes grupos (Arcilla et al., 2001):

**a) Estado principal 0.** Germinación y propagación vegetativa: La duración de esta fase es de aproximadamente 75 días y comprende, desde el momento posterior a la siembra, hasta que han emergido el primer par de cotiledones.

**b) Estado principal 1.** Formación de las hojas: Este periodo comienza desde que el primer par de cotiledones ya se encuentran completamente abiertos, hasta que se han formado nueve pares de hojas. Al finalizar esta fase se puede realizar el trasplante definitivo al terreno.

Los tiempos posteriores al trasplante y previos a la floración no están del todo definidos, pues las condiciones climáticas y edafológicas, así como las prácticas culturales son las que marcarán la velocidad del desarrollo.

**c) Estado principal 2.** Formación de las ramas: Una vez llegado a este estado, las plantas de café ya se encuentran implantadas en el terreno definitivo. En esta etapa los cafetos pasan del primer par de ramas visibles a las 90.

**d) Estado principal 3.** Elongación de las ramas: En este periodo se produce la formación de nudos presentes en las ramas. El rendimiento del cafeto está sujeto a la cantidad de nudos presentes en las ramas laterales que hayan nacido en el año anterior, ya que en ellos es donde se originan las inflorescencias.

**e) Estado principal 5.** Desarrollo de la inflorescencia: Esta etapa engloba desde que se ven las yemas de las inflorescencias, hasta que se observan las flores con pétalos alargados pero todavía cerrados.

**f) Estado principal 6.** Floración: Se considera comenzada la etapa de floración cuando el 50% de las flores hayan emergido.

**g) Estado principal 7.** Desarrollo del fruto y de la semilla: Al inicio de la fructificación los frutos son casi inapreciables, posteriormente comienza un aumento de tamaño, aunque no de peso, y es a partir de la dieciseisava semana desde la floración cuando el grano casi ha alcanzado el desarrollo completo.

**h) Estado principal 8.** Maduración del fruto y de la semilla: Cuando hayan pasado 25 semanas desde la floración, el fruto se encuentra maduro y listo para ser recolectado.

**i) Estado principal 9:** Senescencia: Es la fase final y consiste en un periodo de declive para el cafeto. El follaje va cambiando de color, la zona de producción se va trasladando a la parte superior del árbol y comienza la defoliación de la planta. En esta etapa ya se ha concluido el 90% de la cosecha, por lo que se comienzan los tratamientos postcosecha.

Aunque la planta de café pueda llegar a alcanzar los 30 años, su máxima productividad se encuentra entre los seis y ocho años de edad, posteriormente el cafeto comienza a envejecer.

### 3.2.4 Cosecha y postcosecha

La forma adecuada de recolectar las cerezas del cafetal es de manera selectiva a mano, pues no es común que en una rama todos los frutos se encuentren en el nivel de maduración óptimo para ser cosechados. Esta técnica entraña mayor mano de obra, ya que se precisa ejecutar la operación varias veces, conforme vayan madurando los frutos, pero permite mejorar la calidad del café gracias al acopio de los mismos en el estado perfecto.

Una vez concluida la cosecha se comienza con el procesado mediante el llamado beneficiado del café, que consiste en transformar el café cereza a pergamino, y de este, a café oro verde. Existen dos métodos de procesado del café: beneficio por vía húmeda y beneficio por vía seca.

Beneficio por vía húmeda: este tipo de beneficiado genera un café de más calidad ya que la cosecha se realiza de forma selectiva, fruto por fruto, obteniéndose un producto muy homogéneo; además entraña menores riesgos de fermentaciones y de adición de olores indeseados que el procesado por vía seca. El beneficio húmedo se realiza en cinco fases (Fischersworring y Robkamp, 2001):



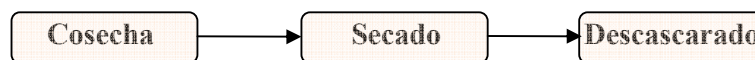
El despulpado es el proceso en el que se separa el grano de café de la cubierta exterior (epicarpio y mesocarpio).

El proceso de fermentación consiste en colocar el café despulpado en tanques de fermentación con el fin de proceder a la separación de la capa de mucílago.

El lavado con agua tiene por finalidad la eliminación de sustancias que todavía se encuentran adheridas al pergamino.

El secado se puede hacer de manera natural (la mejor forma) utilizando zonas cementadas o bandejas limpias, y de forma artificial mediante un silo secador.

Beneficio por vía seca: consiste en un sistema más sencillo que el anterior, no obstante, su duración es mayor. En este proceso, la cereza de café una vez colectada se seca entera de manera natural o artificial dando lugar al café oro, y posteriormente se descascara mediante una piladora.



### 3.2.5 Fertilización de un cafetal

Según la etapa fenológica y la estación en la se encuentre el cafetal, tiene unas exigencias u otras de fertilización. Asimismo, el establecimiento de un sistema asociado o un monocultivo también es un factor a tener muy en cuenta en este sentido, pues los monocultivos están supeditados al uso frecuente de fertilización química.

Los productores de café de Vilcabamba se encuentran implementando técnicas orgánicas, por lo que es importante, en este caso, buscar alternativas de abonos ecológicos. Los más fácilmente disponibles en Ecuador son: compost, lombriabono, purín de orina, purín de estiércol, estiércol de vacuno, estiércol de pollo, estiércol de caballo, guano de islas, roca fosfórica, ceniza vegetal. Igualmente, la pulpa de café, que se obtiene del beneficio húmedo, es altamente contaminante, pero si es tratada se puede volver a introducir al sistema en forma de abono.

### 3.2.6 Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades es una actividad crucial en la que es necesario realizar un análisis general para identificar la causa de la incidencia y los agentes que favorecen a la plaga y/o enfermedad.

En muchos países para el control de plagas se utilizan sustancias tóxicas, que en muchos casos son una fuente de contaminación de agua y de intoxicación para los productores que las usan. Actualmente existen otras opciones sostenibles como el manejo integrado de plagas (MIP), que permite a los agricultores de café monitorear y controlar las plagas reduciendo el uso de plaguicidas químicos perjudiciales para el medioambiente.

Muchas de las plagas y enfermedades a las que se enfrenta la caficultura ecuatoriana (Tabla 6) se deben al mal manejo del cultivo. Las principales causas que aumentan la incidencia de las mismas se deben a: la deficiente nutrición de cafetales, la inadecuada regulación de la sombra, la carencia de podas y desyerbes.

**Tabla 6:** Plagas y enfermedades más frecuentes en la caficultura ecuatoriana (ICAFE, 1998; CORECAF, 2000).

PLAGAS				
Nombre común	Nombre científico	Condiciones propicias	Ubicación del Daño	Control
Broca del fruto	<i>Hypothenemus hampei</i>	Altas temperaturas	Frutos	Eliminación de frutos caídos y afectados por la plaga. Utilización de <i>Beauveria bassiana</i> como controlador biológico.
Minador de la hoja	<i>Leucoptera coffeella</i>	Periodos secos y vientos fuertes. Típico en monocultivos.	Hojas	Favorecer el establecimiento de enemigos naturales. Mayor sombrío.
Palomilla de la raíz	<i>Dysmicoccus criptus</i>	Épocas de sequía. Mayor incidencia en monocultivos.	Tronco y raíz	Asociada con las hormigas, por lo hay que controlar las colonias de hormigas cercanas a los tallos.
ENFERMEDADES				
Nombre común	Nombre científico	Condiciones propicias	Ubicación del Daño	Control
Roya del café	<i>Hemileia vastatrix</i>	Zonas cálidas de baja altitud con exceso de sombra y humedad.	Hojas	Abonado antes de la floración y la cosecha (rico en K y Mg). Poda y control de malezas.
Mal de hilachas	<i>Pellicularia koleroga</i>	Abundancia de sombra y humedad.	Frutos y hojas	Disminución del sombrío y eliminación de malezas.
Mancha de hierro	<i>Cercospora coffeicola</i>	Cafetales desnutridos y a plena exposición solar.	Hojas y frutos	Utilización de abonos con altos contenidos en K.
Malla o Maya	<i>Rosellinia sp</i>	Cafetales viejos y en zonas con gran cantidad de desechos vegetales.	Raíz y hojas	Eliminación del material afectado y de parte de la sombra con el fin de favorecer la entrada de luz.

### 3.2.7 Control de malezas y poda de cafetos

Las malezas mediante un adecuado control integrado pueden generar muchos beneficios. Se puede utilizar como alimento para animales, como cobertura vegetal para el suelo, para la generación de abonos, etc. Además su presencia, en términos razonables (sin competencia hacia el cultivo), favorece la integración de fauna beneficiosa.

Durante los dos primeros años de vida del cafetal se deben controlar las arvenses que se encuentren cercanas los cafetos, evitando de este modo, la competencia por agua, luz, nutrientes y espacio. Existen tres métodos de control de malezas:



Control cultural: consiste en la eliminación de arvenses mediante técnicas culturales como, el establecimiento de altas densidades de árboles, el uso de coberturas como hojarasca, etc.

Control mecánico: este método se basa en la eliminación de malezas mediante herramientas como el machete. Esta técnica favorece la dispersión de las mismas.

Control químico: aunque es una técnica muy extendida, no es conveniente para este estudio, pues implica el uso de herbicidas para la supresión de arvenses, y como se ha comentado, los productores de la parroquia Vilcabamba se encuentran encaminados a la producción ecológica.

Por otra parte, la poda de los cafetos es otra actividad fundamental dentro de las prácticas de manejo del cultivo. Debe ser planificada adecuadamente para asegurar una alta producción y regulación de la cosecha a largo plazo. Esta actividad permite renovar los tejidos productivos de la planta, favorece la entrada de la luz en plantas con exceso de sombrero, facilita la cosecha, disminuye las condiciones propicias para plagas y enfermedades, etc.

Durante los primeros años de vida del cafeto, se deben realizar podas destinadas a dar forma y altura adecuada al arbusto, estas son las llamadas podas de formación. Posteriormente, cuando la planta gracias a esta actividad haya adquirido una altura comprendida en 1,5 y 2 metros, entonces, se procede a realizar las podas de conservación. Estas últimas se realizan durante toda la vida del cafeto y su función es mejorar las condiciones de producción de la plantación.

En el caso de que el cafetal se esté volviendo improductivo, es conveniente realizar podas de renovación (recepta), que consiste en cortar al arbusto a unos 30 cm del suelo con la finalidad de renovarlo.

### **3.3 PROBLEMÁTICA DE LOS CAFETALES ECUATORIANOS**

Aunque el cultivo de café representa uno de los principales productos agrícolas de Ecuador, su rendimiento productivo (195 kg/ha) es bastante inferior al de otros países sudamericanos como Brasil (1.140 kg/ha) y Colombia (1.896 kg/ha) (FAO, 2009).

La baja productividad que caracteriza a los sistemas productivos de café en Ecuador se debe principalmente a la falta de conocimiento del germoplasma cultivado, a una mezcla de variedades o cultivares en las fincas productoras y a una incipiente tecnificación, que generalmente no considera una oportuna fertilización, aplicación del riego, prevención y control de enfermedades, desarrollo de podas sanitarias y de formación, renovación de cafetales que en la actualidad presentan una edad promedio de 25 años, etc. (COFENAC, 2011). A lo que hay que sumarle la gran crisis mundial del café de los años 1999 al 2002, que provocó el abandono del campo de muchos caficultores en busca de mejores condiciones de vida.

Por otra parte, la limitada capacidad organizativa de los productores (sólo el 5% pertenecen a asociaciones de productores de café) y la gran presencia de intermediarios locales, que en muchas ocasiones introducen cascara de café para obtener mayores volúmenes, provocan grandes problemas en la comercialización e imagen externa del producto.

Ecuador es un país con grandes recursos para generar café de calidad, pero no posee las características, por dimensiones y condiciones agroclimáticas de competir por cantidad. Por

ello, sistemas de producción orgánica, de comercio justo y gourmet enfocados a mercados exigentes, deberían ser el modelo a seguir.

En la actualidad, existen asociaciones de productores que intentan cambiar el rumbo del café ecuatoriano y hacer frente a su problemática. Entre ellas cabe destacar a FAPECAFES (Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur), federación creada con el fin de mejorar la comercialización de cafés especiales, tanto a nivel nacional como internacional.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Como la zona sur ecuatoriana es muy amplia (aunque una parte del estudio se haya realizado sobre toda ella), el presente proyecto tiene como objetivo ser ejecutado en una pequeña asociación llamada APECAEL (Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del Cantón Loja) que se encuentra integrada en FAPECAFES (Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur) (Figura 3).



**Figura 3:** De izquierda a y de arriba abajo: Taller de realización de planes de negocios FAPECAFES en las instalaciones de la UTPL (UTPL,2011); el Ingeniero Vinicio Carrión en un cafetal del cantón Loja (elaboración propia); semillero de café del cantón Loja (elaboración propia); Reunión con un productor de FAPECAFES (elaboración propia).

## 4.1 FEDERACIÓN DE ASOCIACIONES DE PEQUEÑOS CAFETALEROS ECOLÓGICOS DEL SUR (FAPECAFES)

La federación creada con vistas de mejorar la comercialización de cafés especiales, tanto a nivel nacional como internacional. La conforman siete asociaciones de productores de las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe: PROCAFEQ (Asociación Agroartesanal de Productores de Café de Altura de Espíndola y Quilanga), PROCAP (Asociación Agroartesanal de Productores de Café de Altura de Puyango), APECAP (Asociación de Productores Ecológicos de Café de Altura de Palanda), APECAM (Asociación de Pequeños Exportadores de Café Especial de Marcabelí), APECAEL (Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del Cantón Loja), APEOSAE (Asociación de Pequeños Exportadores Orgánicos del Sur de la Amazonía Ecuatoriana), ACRIM (Asociación de Cafetaleros del Río Mayo).

### 4.1.1 Análisis DAFO

La Matriz DAFO (Tabla 7) permitirá obtener una visión global sobre la situación de FAPECAFES, con el fin de aprovechar las fortalezas y oportunidades de la federación, e intentar eliminar las amenazas y debilidades a las que se enfrenta.

**Tabla 7:** Análisis DAFO de la Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur (FAPECAFES).

DEBILIDADES	AMENAZAS
Incapacidad de desvinculación con organizaciones externas	Fuerte influencia de intermediarios locales sobre los productores
Demanda de café superior a la oferta	Variabilidad climática y acusada deforestación que afectan a la cantidad y calidad del café
Problemas logísticos	Perdida de líderes que son captados por otras empresas
Falta de liquidez	Poco interés por parte de algunos socios en la mejora de calidad de sus cafés
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Calidad del café con gran reconocimiento	Aumento de la demanda de cafés especiales
Demanda de café por parte de países Europeos y Estados Unidos	Acceso a créditos internacionales
Calidad de café diferenciada por zonas	Tecnologías de producción de café orgánico adaptables y aplicables
Adecuadas infraestructura y equipamiento	Áreas con condiciones, geográficas y agroecológicas aptas para producir cafés de calidad
	Diversificación de fincas que proporcionan otros productos con buena aceptación en el mercado (chifles de plátano)

#### **4.1.2 Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del Cantón Loja (APECAEL)**

La asociación de productores APECAEL tiene como objetivos:

**Mejorar la calidad y productividad de sus cafetales** mediante técnicas sostenibles, renovación constante de sus cafetales y proceso de beneficiado ecológico.

**Intervenir en la comercialización** y conseguir una mejora económica para sus socios.

**Promover el uso sostenible de sus fincas** mediante la conservación de los recursos naturales de la zona.

**Fomentar la diversificación de las fincas**, con el fin de tener varios ingresos, no sólo el referente al cafetal.

La asociación se encuentra constituida por 125 socios integrados en 13 grupos de interés. Se entrevistó a uno de los grupos, el de San Pedro de Vilcabamba, con el que se discutió sobre la problemática existente en sus cafetales. El presente estudio tuvo una buena acogida por parte de los socios, pues refleja gran parte de sus problemas. Posteriormente se prosiguió a entregar una encuesta referente a sus cafetales, dando un periodo amplio para poder transmitirla a los demás productores, pero finalmente no hubo respuesta.

Sin embargo, en un futuro próximo, se espera que este proyecto, en complementación con estudios más detallados por parte de la UTPL, pueda dar sus frutos y generar grandes mejoras socioeconómicas en esta región.

El proyecto modelo de gestión productiva de café, no sólo podría beneficiar a los habitantes de Vilcabamba, sino a todo el sur ecuatoriano, que alberga gran cantidad de plantaciones de café abandonadas por nacionales que han emigrado a otras zonas del país o al extranjero. Posiblemente, este modelo de estudio, podría contribuir a que muchos de estos propietarios de terrenos en situación de abandono, decidieran volver a invertir en el establecimiento de cafetales en estas zonas, ahora con más criterios agronómicos y comerciales.

Como herramienta para identificar las bases de ejecución y evaluación del proyecto se ha elaborado una Matriz de planificación siguiendo la metodología del Marco Lógico (Tabla 8), cuyo fin es el diseño, organización, seguimiento y comunicación de información esencial sobre el proyecto.

**Tabla 8:** Matriz de planificación (elaboración propia).

MARCO LÓGICO	METAS	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<b>FIN</b>	Cooperar con los socios de APECAEL con el fin de mejorar la situación socioeconómica y medioambiental mediante tecnologías actuales.	Al finalizar el quinto año, el nivel socioeconómico de los socios habrá mejorado.	Encuestas a los productores y reuniones.	Los productores de café cada día poseen más conciencia medioambiental y ganas de aumentar el rendimiento de sus fincas.
<b>PROPOSITO</b>	Aumento de la producción de <i>Coffea arabica</i> mediante instrumentos que permitan tomar decisiones adecuadas a los productores en cuanto a la selección de variedades óptimas y al manejo de de sus fincas según la zona específica.	Concluido el estudio una gran parte de los productores conocerán las variedades productivas y adecuadas para su zona, y el manejo del suelo específico para cada área.	Observación directa de fincas modelo en las que se testarán variedades adecuadas y se utilizarán las recomendaciones obtenidas por el mapa potencial. Además se escucharán testimonios de los productores y se harán encuestas.	Existe iniciativa para realizar estudios de este tipo por parte de instituciones como FAPECAFES y otras entidades dedicadas al café.
<b>ACTIVIDADES</b>	Conocer la situación socioeconómica de los socios de APECAEL.	Elaboración de un estudio socioeconómico de la zona.	Encuestas a los productores.	Encuesta elaborada y personal cualificado.
	Conocer mediante una caracterización morfológica y molecular (todavía en planificación y/o ejecución) las variedades existentes en la zona.	Se tomarán muestras vegetales de toda la región y se estudiarán a nivel de laboratorio.	Los resultados de las caracterizaciones.	Equipo de laboratorio e instrumentos para poder realizar las caracterizaciones.
	Saber qué condiciones edafológicas y climatológicas hay en la región.	Realización de un muestreo de suelos de toda la zona con el fin de evaluar las propiedades físico-químicas de los mismos. Datos de estaciones meteorológicas.	Estudio de laboratorio.	Personal cualificado y medios necesarios.
	Establecimiento de parcelas experimentales en las que se llevará a cabo: un seguimiento fenológico, pruebas de fertilización orgánica, manejo de plagas y enfermedades y establecimiento de riego.	Se llevará a cabo un monitoreo de las etapas fenológicas, y se realizarán pruebas cambiando dosis de fertilizante y dosis de riego. También se pondrá en marcha un programa epidemiológico.	Histogramas de monitoreo del ciclo fenológico, álbumes fotográficos. Informes de laboratorio, facturas de fertilizantes y de material de riego, bases de datos.	Condiciones agroecológicas favorables para la producción de café, personal cualificado para la realización de las pruebas y estudios.
	Zonificación la parroquia Vilcabamba a nivel edáfico y climático con áreas potenciales para la producción de café.	Concluido el proyecto se contará con un mapa potencial para el cultivo del café.	Informes de laboratorio, bases de datos SIG 9.3.	Adecuado uso de herramientas SIG, personal cualificado y equipos adecuados.
	Transferencia de resultados a las familias productoras.	Transferencia de los resultados del estudio a los productores de café de la parroquia Vilcabamba.	Entrega de manuales elaborados por parte de la UTPL.	Propuesta bien considerada por parte de los socios productores.



### III. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR ECUATORIANO

#### 1. INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos constituyen la diversidad genética correspondiente al mundo vegetal que contiene un gran valor presente y futuro. Dentro de este concepto se incluye las variedades de especies cultivadas (tradicionales y comerciales), especies silvestres y materiales derivados de trabajos de mejora genética (Esquinas-Alcázar, 1993).

Estos recursos constituyen la base para garantizar la seguridad alimentaria en el mundo y son la materia prima más importante de los fitomejoradores y agricultores (FAO, 2010). Por ello es de vital importancia su conservación, la cual se puede hacer *ex situ*, fuera del lugar donde se recolectó, por ejemplo en bancos de germoplasma; o *in situ*, que implica conservar el recurso en estado silvestre o en el lugar (INIAP, 2008).

Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo (Figura 4), sin embargo, sólo una ínfima parte de la diversidad está siendo aprovechada. Actualmente, es un país con poca información sobre el estado y distribución de especies silvestres y cultivos locales. Además, la decadencia de los hábitats es alarmante debido a la explotación agropecuaria, de madera, petrolífera, etc. También esta degradación se ve en aumento debido a los monocultivos industriales, todo ello desencadenando una gran erosión genética (INIAP, 2008).



**Figura 4:** Cascada ubicada en la carretera que une la provincia de Loja con la de Zamora Chinchipe (elaboración propia)

Existen alrededor de un centenar las especies descritas del género *Coffea*, aunque un gran porcentaje se encuentra en peligro de extinción. Las poblaciones silvestres de estas especies se pueden encontrar en su estado natural en África tropical o en bancos de germoplasma conservadas en condiciones *ex situ*. Las principales colecciones de café arábica son 10, y se encuentran: cinco en África (Etiopía, Kenia, Tanzania, Camerún y Costa de Marfil), una en

Madagascar, una en Asia (India) y tres en Latinoamérica (Costa Rica, Brasil y Colombia) (Anthony et al. 1999).

## **2. CARACTERIZACIÓN**

### **2.1 DEFINICIÓN DE CARACTERIZACIÓN**

Caracterizar consiste en establecer todos los caracteres posibles de un ente animado o inanimado. La caracterización de los organismos vegetales, al igual que la de otros organismos vivos o minerales, tiene diferentes finalidades (González-Andrés, 2001):

- Identificación o determinación.
- Sistemática.
- Análisis de diversidad genética.
- Gestión de bancos de germoplasma.
- Definición de nuevas variedades.
- Búsqueda de marcadores de caracteres agronómicos.

### **2.2 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA**

Según González-Andrés (2001) la caracterización morfológica y caracterización molecular basada en isoenzimas y en marcadores moleculares son de mayor interés para el estudio de los recursos fitogenéticos, por su versatilidad y fiabilidad.

Cabe destacar, que en este estudio sólo se llevó a cabo la caracterización morfológica, sin embargo, la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) se encuentra ejecutando la caracterización molecular.

La caracterización morfológica permite suministrar información sobre la identidad de cada una de las entradas a través del uso de descriptores, que permiten estudiar la variabilidad genética de cada muestra; por ello, es una herramienta importante para evitar las duplicaciones de un mismo material y minimizar la sobrestimación de la diversidad existente (Becerra y Paredes, 2000).

Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos menos influenciados por el ambiente, y los más son: la flor y el fruto, seguidos de la hoja, el tronco, las ramas, las raíces y los tejidos celulares (Enrique 1991).

## **3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 66 ACCESIONES COLECTADAS EN EL SUR ECUATORIANO**

El material vegetal utilizado en la caracterización morfológica del presente estudio fue colectado en diversas fincas del sur de Ecuador por profesionales del Departamento de Servicios Agropecuarios de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Las accesiones se tomaron en las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe, conformando un total de 66. Estas entradas posteriormente han sido conservadas en el Banco de Germoplasma de la UTPL.

Las accesiones de este estudio se han ubicado en 16 grupos agronómicos (Tabla 1), consideradas de acuerdo con la forma en que los productores diferencian las accesiones en

Ecuador. El muestreo fue realizado íntegramente en 2010, entre los meses de febrero y septiembre.

**Tabla 9:** Grupos agronómicos y códigos de la accesiones colectadas en el sur de Ecuador

Nº	NOMBRE DE LA VARIEDAD	CÓDIGO
1	Caturra Rojo	CAT.R
2	Catura amarillo	CAT.A
3	Catimor	CATMOR
4	Catimoro	CATMORO.R
5	Catimoro amarillo	CATMORO.A
6	Typica	TIP
7	Pacas	PAC
8	Catuaí Amarillo	KAT.A
9	Catuaí Rojo	KAT.R
10	San Salvador	SALV
11	Bourbon Amarillo	BOR.A
12	Bourbon Rojo	BOR.R
13	Catimoro Cogollo Morado	CATMORO.CM
14	Cavimor	CAV
15	Cavimoro	CAVRO
16	Criollo Rojo	CRI.R

### 3.1 GRUPOS AGRONÓMICOS

Los grupos agronómicos presentes en este estudio son 16: caturra rojo, caturra amarillo, typica, catuaí rojo, catuaí amarillo, bourbón rojo, bourbón amarillo, criollo rojo, catimor, catimoro rojo, catimoro amarillo, catimoro cogollo morado, cavimor, cavimoro, pacas y san salvador.

**Variedad Caturra:** Variedad de porte pequeño y bastante productiva. Los entre nudos están más pegados en comparación con la variedad typica y las hojas son más anchas y largas que las de la variedad bourbón.

**Typica o Criollo:** Variedad de porte alto, con entrenudos largos y cuyas hojas apicales poseen una tonalidad rojiza. Sus frutos suelen ser grandes pero su producción es baja. Muchos agricultores consideran a la variedad typica y criolla como variedades diferentes, por ello se han estudiado independientemente.

**Catuaí:** Consiste en una variedad de tamaño pequeño, aunque menos espesa que la variedad caturra y pacas. Sus entrenudos son cortos y sus ramificaciones abundantes, además su entrada en la producción es precoz.

**Bourbón:** Variedad de porte alto al igual que la variedad typica, aunque sus ramificaciones secundarias son más abundantes que esta última. Tanto su fruto como la semilla son de menor tamaño que los de la variedad typica, sin embargo, su producción es más temprana, superior y uniforme.

**Catimor:** Variedad adaptada perfectamente en Latinoamérica, resistente a la roya del café. Es de bajo porte, muy productiva y con una copa amplia y vigorosa.



**Cavimor:** Consiste en una variedad de bajo porte, presenta resistencia a la roya del cafeto y altos rendimientos.

**Pacas:** Sus características productivas y agronómicas son muy similares a la variedad caturra. Es de porte pequeño, entrenudos cortos y follaje abundante.

En relación a los grupos agronómicos catimoro, cavimoro y san salvador no se ha encontrado literatura al respecto. Las muestras se han tomado y clasificado según los nombres usados por los productores, por ello, podría suponerse que estos tres tipos de arábica pueden pertenecer a alguno de los grupos agronómicos antes indicados.

### **3.2 EVALUACIÓN DE CARACTERES MORFOLÓGICOS**

Las 66 accesiones de café arábica se caracterizaron morfológicamente mediante 24 caracteres cuantitativos, según la parte de la planta a la que pertenecen (Tabla 10).

Todos los caracteres se han estudiado sobre un total de cinco plantas por accesión. La medición de los descriptores de longitud se midió en centímetros (cm) a excepción de la longitud de la arista de la estípula de la hoja que se midió en milímetros (mm) al ser una medida muy pequeña, los de peso en gramos (g) y los ángulos en grados sexagesimales.

En la tabla 10 se puede observar los caracteres muestreados en la caracterización morfológica, así como sus unidades de medida. La metodología utilizada corresponde a la realizada por Acosta-Quezada et al (2010).

**Tabla 10:** Lista de caracteres morfológicos y sus respectivas unidades de medida.

<b>CARACTERES MORFOLÓGICOS</b>	
<b><i>Arquitectura de la planta</i></b>	
C1	Altura de la planta (cm)
C2	Diámetro del tallo (cm)
C3	Diámetro de la copa (cm)
C4	Distancia entre nudos (cm)
C5	Nº de frutos por rama
C6	Distancia entre infrutescencias (cm)
<b><i>Hoja</i></b>	
C7	Longitud de la arista de la estípula (mm)
C8	Longitud de la hoja (cm)
C9	Ancho de la hoja (cm)
C10	Distancia de la base a la parte más ancha (cm)
C11	Ángulo del ápice (°)
C12	Longitud del peciolo foliar (cm)
<b><i>Fruto</i></b>	
C13	Longitud del fruto (cm)
C14	Ancho del fruto (cm)
C15	Distancia entre la base y la parte más ancha (cm)
C16	Espesor del fruto (cm)
C17	Ángulo apical (°)
C18	Ángulo basal (°)
C19	longitud del pedicelo (cm)
C20	Peso del fruto (g)
<b><i>Semilla</i></b>	
C21	Longitud de la semilla (cm)
C22	Ancho de la semilla (cm)
C23	Distancia entre la base y la parte más ancha (cm)
C24	Peso de la semilla (g)

C= Carácter

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Se disponía de una base de datos relacionados con diversos caracteres morfológicos y agronómicos registrados a través de muestreos efectuados *in situ* en las provincias mencionadas; contando además con imágenes digitales de muestras vegetales (hojas, frutos, etc.) correspondientes a las mencionadas accesiones, de las cuales se evaluaron diversos descriptores a través de un analizador de imágenes “Image Tool” (UTHSCSA, University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, USA); los caracteres a evaluar han sido considerados con referencia a los descriptores morfológicos publicados por el Instituto Internacional de los recursos Fitogenéticos (IPGRI), actualmente Bioversity International.

Con los datos obtenidos *in situ* (caracteres medidos directamente en la planta) y en laboratorio (muestras digitales) se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA) usando el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Statistical Graphics Corp., Rockville, MD, USA), lo que

permitió determinar los caracteres para los cuales existe una variación significativa entre el germoplasma a evaluar. Por otra parte, a través de una matriz básica de datos (MBD) se realizó un Análisis de Componentes Principales usando el programa estadístico NTSYS-pc 2.0 software (Applied Biostatistics Inc., Setauket, NY, USA) (Rohlf, 1996), lo que permitió conocer la relación existente entre las variables estudiadas y la semejanza entre las accesiones; en el primer caso para, con el fin de saber cuáles están o no asociadas, cuales caracterizan en el mismo sentido o en el sentido contrario; y en el segundo, para saber cómo se distribuyen las accesiones de café, cuáles se parecen y cuáles no (Hidalgo, 2003; Mohammadi & Prassana, 2003).

### **3.4 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LOS 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS EVALUADOS**

Se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA), que permitió estudiar la variabilidad de los 24 caracteres morfológicos del material vegetal del estudio.

Concluido el análisis, se pudo observar que, a excepción de la longitud de la arista de la estípula de la hoja (C7) (Tabla 11), los demás descriptores mostraron diferencias altamente significativas entre las 66 accesiones de café arábica, lo cual expresa que este carácter se encuentra muy conservado en el café arábica del sur de Ecuador.

**Tabla 11:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para todos los caracteres morfológicos.

CARACTERES	CUADRADO MEDIO (ENTRE- GRUPOS)	CUADRADO MEDIO (INTRA- GRUPOS)	COEFICIENTE- F	VALOR-P
<b>Arquitectura de la planta</b>				
Altura de la planta (cm)	2,76535	0,250512	11,04	< 0,001***
Diámetro del tallo (cm)	5,55275	3,25777	1,7	< 0,01**
Diámetro de la copa (cm)	1594,94	313,202	5,09	< 0,001***
Distancia entre nudos (cm)	22,6682	1,38483	16,37	< 0,001***
Nº de frutos por rama	2156,02	139,586	15,45	< 0,001***
Distancia entre infrutescencias (cm)	7,09094	0,319902	21,17	< 0,001***
<b>Hoja</b>				
Longitud de la arista de la estípula (mm)	0,0521869	0,0389665	1,34	0,0598
Longitud de la hoja (cm)	7,34923	1,08055	6,8	< 0,001***
Ancho de la hoja (cm)	1,60065	0,245144	6,53	< 0,001***
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	2,59371	0,270741	9,58	< 0,001***
Ángulo del ápice (°)	234,062	28,8838	8,1	< 0,001***
Longitud del peciolo foliar (cm)	0,202188	0,0805534	2,51	< 0,001***
<b>Fruto</b>				
Longitud del fruto (cm)	0,0709184	0,00525371	13,5	< 0,001***
Ancho del fruto (cm)	0,0397492	0,00661103	6,01	< 0,001***
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	0,0335835	0,00457643	7,34	< 0,001***
Espesor del fruto (cm)	0,00204454	0,0001098	18,62	< 0,001***
Ángulo apical (°)	69,58	31,0854	2,24	< 0,001***
Ángulo basal (°)	6,81581	4,96383	13,73	< 0,001***
Longitud del pedicelo (cm)	0,0216082	0,001434	15,07	< 0,001***
Peso del fruto (g)	0,814624	0,0331058	24,61	< 0,001***
<b>Semilla</b>				
Longitud de la semilla (cm)	0,0505646	0,00691364	7,31	< 0,001***
Ancho de la semilla (cm)	0,0218034	0,000795014	27,43	< 0,001***
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	0,0218801	0,002361	9,27	< 0,001***
Peso de la semilla (gr)	0,109211	0,00289845	37,68	< 0,001***

\*p &lt; 0,05; \*\*p &lt; 0,01; \*\*\*p &lt; 0,001

Los descriptores de arquitectura de la planta mostraron una alta variabilidad. En el diámetro de la copa, el valor encontrado en la accesión con máximo diámetro es casi seis veces superior a la accesión de mínimo valor (Tabla 12).

**Tabla 12:** Medidas de centralización y dispersión de los todos los caracteres morfológicos en las 66 accesiones.

CARACTERES	MEDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
<b>Arquitectura de la planta</b>					
Altura de la planta (cm)	2,68	1,50	4,52	0,76	28,15
Diámetro del tallo (cm)	4,01	2,07	7,82	1,09	27,23
Diámetro de la copa (cm)	44,16	17,44	102,8	18,73	42,41
Distancia entre nudos (cm)	6,36	3,01	11,64	2,17	34,12
Nº de frutos por rama	31,46	2,56	92,52	21,14	67,20
Distancia entre infrutescencias (cm)	4,95	2,72	8,56	1,24	25,05
<b>Hoja</b>					
Longitud de la arista de la estípula (mm)	0,33	0,21	0,93	0,10	30,30
Longitud de la hoja (cm)	14,74	11,31	17,54	1,28	8,68
Ancho de la hoja (cm)	6,59	5,11	8,11	0,59	9,00
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	6,82	5,0128	8,41	0,76	11,12
Ángulo del ápice (°)	61,19	46,19	74,04	6,97	11,38
Longitud del peciolo foliar (cm)	1,07	0,68	1,89	0,21	19,31
<b>Fruto</b>					
Longitud del fruto (cm)	1,62	1,23	1,84	0,13	7,78
Ancho del fruto (cm)	1,27	1,03	1,47	0,09	7,31
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	0,78	0,62	1,11	0,08	10,78
Espesor del fruto (cm)	0,11	0,06	0,14	0,02	19,92
Ángulo apical (°)	100,80	91,81	107,78	3,21	3,18
Ángulo basal (°)	100,18	86,84	107,38	3,72	3,72
longitud del pedicelo (cm)	0,32	0,19	0,49	0,07	21,01
Peso del fruto (g)	1,78	0,97	2,83	0,43	24,16
<b>Semilla</b>					
Longitud de la semilla (cm)	1,17	0,92	1,44	0,11	9,28
Ancho de la semilla (cm)	0,85	0,69	1,02	0,07	8,36
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	0,59	0,442	1,02	0,08	13,66
Peso de la semilla (g)	0,48	0,11	0,79	0,16	33,00

En relación a la arquitectura de la planta, los caracteres estudiados son de gran importancia, debido a que, para una adecuada planificación de un cultivo perenne, como es el caso del café, es de vital importancia encontrar un equilibrio adecuado entre los caracteres de la arquitectura de una determinada accesión, y las condiciones ambientales y topográficas, probable mecanización y densidades de siembra. (Fischer, 2000; Roos et al., 2005).

El carácter altura de la planta es muy relevante, ya que influye de manera notoria en las operaciones de cosecha. El coeficiente de variación (CV) del mismo, fue de los más elevados de los 24 que conforman el estudio.

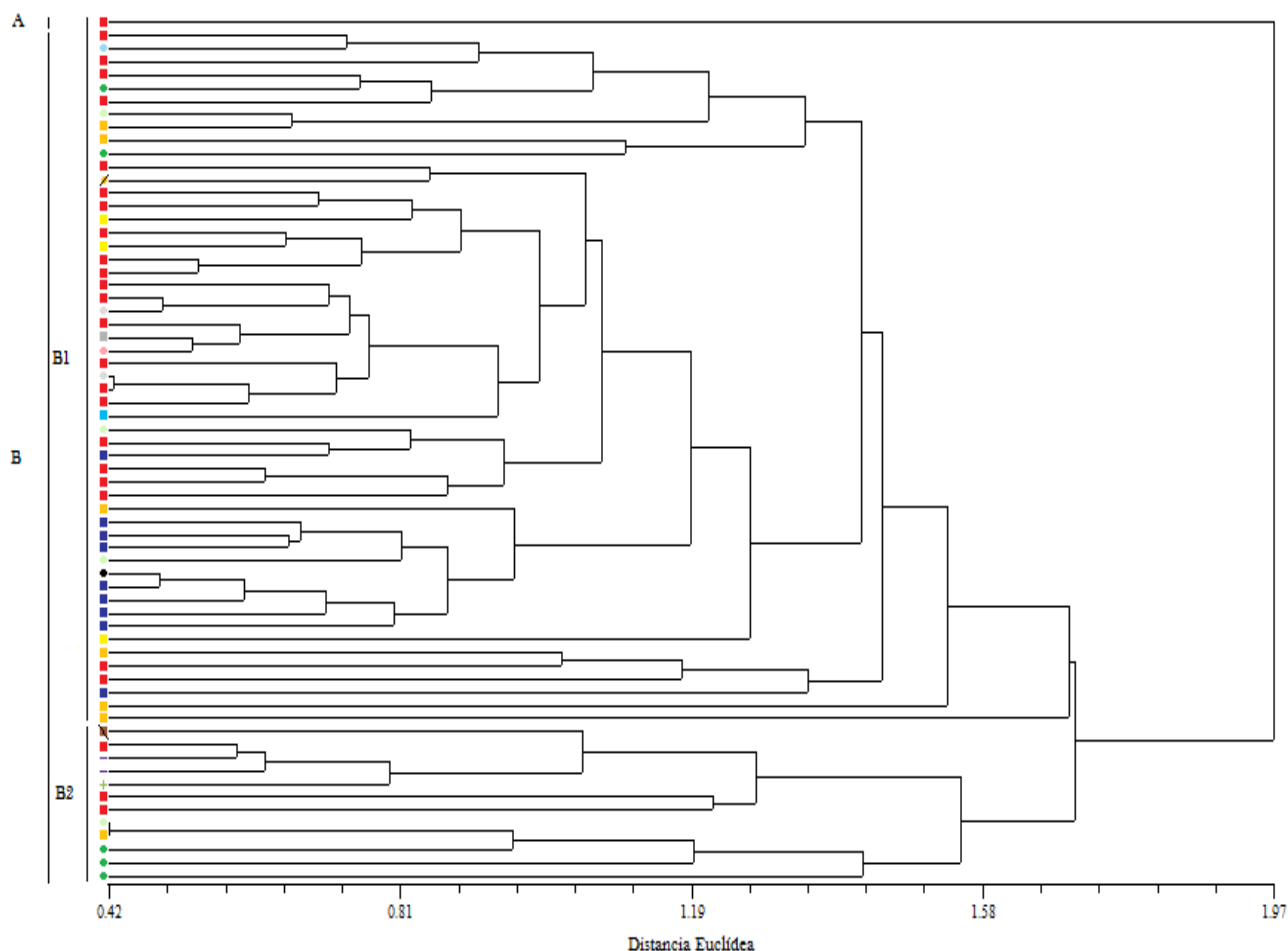
El número de frutos producidos por rama presentó una alta variación con los valores más altos del coeficiente de variación (CV) de los 24 caracteres estudiados. La diferencia entre la accesión de máximo número de frutos y la de menos es de más de 36 veces. Este carácter representa, desde el punto de vista agronómico gran importancia, puesto que el número de frutos obtenidos es un muy significativo en el rendimiento y productividad del cultivo.

Con respecto a los caracteres del fruto, el peso fue el que mayor coeficiente de variación presentó. Las accesiones con mayores valores de este carácter fueron A38 y A21 pertenecientes al grupo agronómico bourbón rojo, A39 de caturra rojo y A19 de la variedad típica. Cabe mencionar, que la accesión A1 conformada por la variedad caturra rojo obtuvo dimensiones y peso del fruto de las más pequeñas del todo el material colectado, por lo que se ha diferenciado significativamente del resto de materiales estudiados.

De los cuatro caracteres estudiados para la semilla, el peso obtuvo el mayor coeficiente de variación, con una diferencia entre el valor máximo y mínimo de más de siete veces. La accesión A1 (catarra rojo), a pesar de poseer de los menores valores en cuanto a dimensión de la semilla, obtuvo el sexto valor más grande respecto a su peso, en cambio, en el peso del fruto mostró el cuarto valor más pequeño, lo que puede implicar una gran diferencia con el resto de accesiones, cuyos tamaños están directamente relacionados con el peso del fruto y semilla.

### **3.5 ANÁLISIS MULTIVARIADO DE AGRUPAMIENTOS SEGÚN 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS**

Los resultados obtenidos en el análisis de agrupamientos (Figura 5) han permitido identificar las accesiones en diferentes grupos, distanciando la accesión A1 (catarra rojo) del resto del material vegetal. Los grupos formados fueron el A, conformado sólo por A1, y el B formado por el resto de accesiones (65), este a su vez se divide en dos subgrupos B1 ( 53 accesiones) y B2 (12 accesiones). Dentro del subgrupo B1 existen dos accesiones A57 (catimoro amarillo) y A61 (catarra rojo) con el menor distanciamiento entre sí, lo que sugiere que pese a producir frutos con piel de diferente color, que morfológicamente son muy parecidos. Asimismo en el subgrupo B2 también existen dos accesiones (A18, bourbón amarillo y A19, típica) con una distancia euclídea muy pequeña, con la diferencia del color del fruto.



**Figura 5:** Dendrograma UPGMA que relaciona la morfología de 66 accesiones de café arábica, establecidas en 16 grupos agronómicos y con referencia a 24 descriptores morfológicos. Grupos agronómicos: ■ Caturra rojo, ■ Caturra amarillo, ■ Catimor, ■ Bourbón rojo, ■ Bourbón amarillo, ■ Typica, ■ Criollo, ■ Pacas, ■ Catimoro rojo, ■ Catimoro amarillo, — Catimoro cogollo morado ■ Catuai rojo, ■ Catuai amarillo, ■ San Salvador, ■ Cavimor, + Cavimoro.

El evidente distanciamiento de la accesión A1 se debe a que los cafetos pertenecientes a este grupo se encuentran dentro de los más altos y con un diámetro del tallo también de los más elevados. Además, sus hojas, semillas y frutos se encuentran dentro de los valores de menor tamaño de todo el germoplasma. Un aspecto particular de esta accesión fue que a pesar de sus pequeñas dimensiones de las semillas, el peso de estas fue de los más elevados. En lo que respecta al resto de materiales, estos no se han agrupado de una forma clara, diferenciándose unos de otros a lo largo del dendrograma obtenido, considerándose entonces que las accesiones no se han agrupado obedeciendo a los grupos agronómicos establecidos.

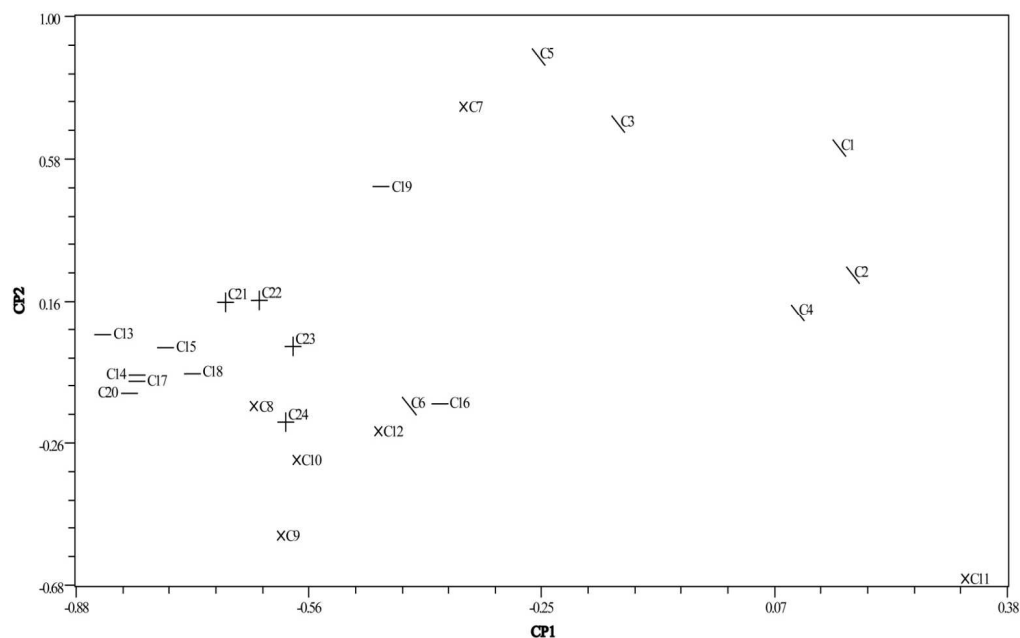
### 3.6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) PARA 66 ACCESIONES DE CAFÉ CON REFERENCIA A 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS

Gracias al análisis de componentes principales, se ha podido observar que las tres primeras componentes principales han acumulado el 54,25% de la variación total (Tabla 13).

**Tabla 13:** Valores propios (auto-valores) superiores a 1 y proporción de la varianza total explicada, correspondiente a cada una de las componentes principales con referencia a los 24 caracteres morfológicos de las 66 accesiones de café arábica.

Componentes principales (CP)	Auto-valores ( $\lambda_p$ )	Proporción de la varianza total explicada	
		Individual (%)	Acumulada (%)
CP1	7,38	30,75	30,75
CP2	3,43	14,29	45,04
CP3	2,21	9,21	54,25
CP4	2,01	8,39	62,64
CP5	1,56	6,51	69,15
CP6	1,14	4,75	73,9
CP7	1,04	4,34	78,24

En cuanto a la ordenación de los caracteres (Figura 6), estos han tendido a agruparse según los descriptores pertenecientes a una misma parte de la planta considerando las cuatro agrupaciones establecidas en el estudio (arquitectura de la planta, hoja, fruto y semilla), lo que indica que los caracteres se correlacionan entre sí de acuerdo a un mismo órgano o parte de la planta.

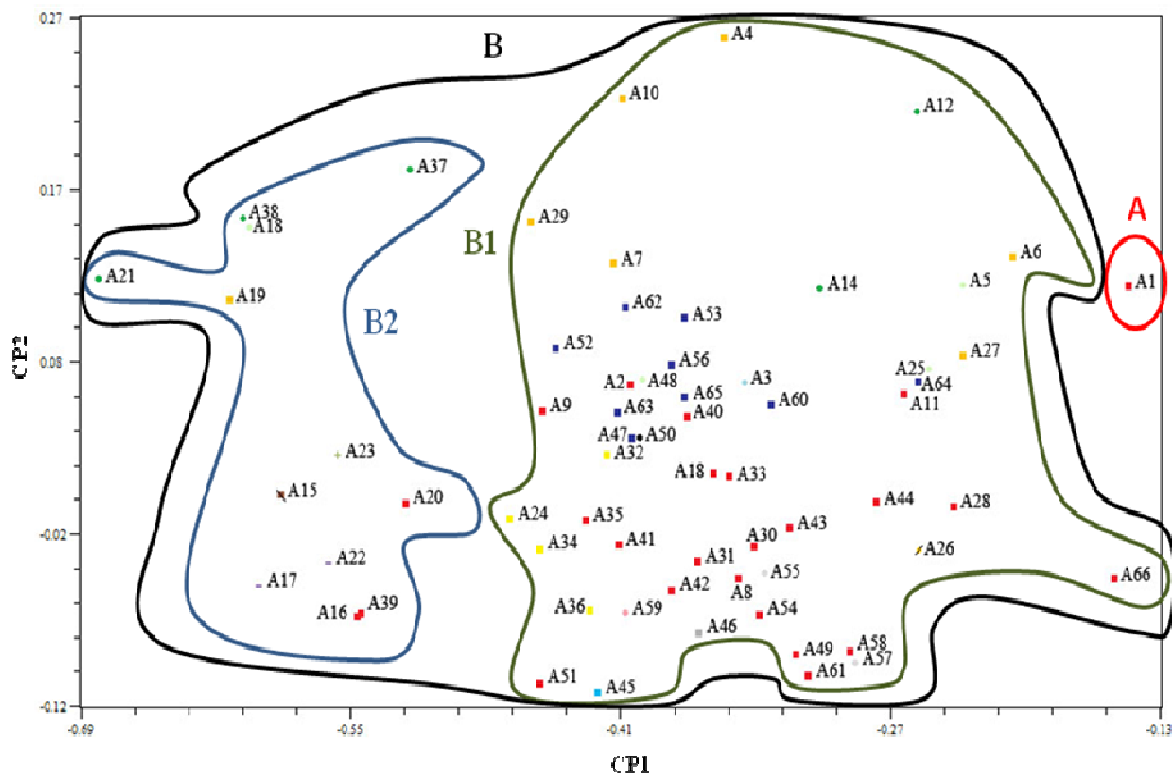


**Figura 6:** Ordenación de 24 caracteres morfológicos con referencia a 66 accesiones de café arábica según CP1 y CP2 establecidas en cuatro grupo de caracteres: \ arquitectura de la planta, X hojas, — frutos, + semillas.

Con referencia a la ordenación de las 66 accesiones, al comparar la primera y segunda componente (Figura 7) se han identificado dos agrupaciones aquí llamadas conjunto principal A y conjunto principal B, de igual forma que en el análisis de agrupamientos (Figura 5); esta forma de agrupamiento ha sido diferenciada a través de la primera componente principal, sobre la cual, la accesión A1 (caturre rojo) ha asumido el mayor valor aunque con diferencias mínimas con respecto a otras accesiones, principalmente con referencia a A66; por lo que A1



ha sido asignado como conjunto principal A, mientras que el resto de accesiones conforman el conjunto B (65), el cual está formado por accesiones de diversos grupos agronómicos.



**Figura 7:** Ordenación de las 66 accesiones de café arábica con referencia a 24 caracteres morfológicos, según CP1 y CP2. Las accesiones han sido establecidas en 16 grupos agronómicos: ■ Caturra rojo, ■ Caturra amarillo, ■ Catimor, ■ Bourbon rojo, ■ Bourbon amarillo, ■ Typica, ■ Criollo, ■ Pacas, ■ Catimoro rojo, ■ Catimoro amarillo, ■ Catimoro cogollo morado, ■ Catuai rojo, ■ Catuai amarillo, ■ San Salvador, ■ Cavimor, + Cavimoro.

El conjunto A se ha diferenciado de B por presentar menores valores en: longitud de la hoja, longitud del pedicelo foliar, longitud del fruto y longitud de la semilla; por otra parte, la componente principal uno permitió identificar de cierta forma, aunque no tan clara, a dos grupos de accesiones del conjunto principal B llamados subconjuntos B1 y B2. En lo que se refiere al subconjunto B1, está conformado por 53 accesiones pertenecientes a diversas variedades, las cuales asumieron los mayores valores sobre la componente uno; mientras que el subconjunto B2, compuesto por 12 accesiones, asumieron los valores más bajos sobre dicha componente.

En relación a la segunda componente, esta no ha aportado una diferenciación significativa entre los materiales estudiados; sin embargo, permite observar ciertas diferencias entre los materiales vegetales que componen el grupo B2, aunque esto no es de relevancia.

La agrupación de las 66 accesiones de café establecidas mediante el análisis de las dos primeras componentes principales (Figura 7) muestra un patrón similar, pero no exacto, al compararlo con lo encontrado en el estudio de agrupamientos (Figura 5).

En general, la diferenciación o agrupación del germoplasma de café evaluado en este trabajo, según el estudio multivariado (agrupamientos y ACP), no ha sido clara respecto a los grupos agronómicos establecidos, no encontrándose materiales que sean exactamente similares entre

sí; lo que sugiere que el café distribuido en el sur ecuatoriano posee una considerable diversidad.

## IV. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL *COFFEA ARABICA* EN LA PARROQUIA VILCABAMBA

### 1. INTRODUCCIÓN

Mediante el estudio de las variables ambientales de la parroquia Vilcabamba, de las condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo del *Coffea arabica*, y con la ayuda del programa ARGIS 9.3, se elaboró un mapa potencial del café que mostró una zonificación de los sitios adecuados para el establecimiento de los cafetales y su respectiva planificación en el manejo del cultivo.

Para la generación de mapas (como el de uso potencial del café) mediante sistemas de información geográfica es necesario disponer de variables ambientales incorporadas a un sistema de información geográfica, como por ejemplo: variables meteorológicas (temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y heliofanía), condiciones del suelo (textura, capacidad de campo, permeabilidad, materia orgánica, pH, contenido de N, P y K, Ca, entre otros), disponibilidad de agua para riego (infraestructura, caudales disponibles, gestión de los sistemas de riego, etc.); sin embargo, para el desarrollo del presente trabajo no se dispone de todas estas variables, tratándose de un trabajo preliminar se considerará la siguiente información de la cual se dispone: temperatura, precipitación, profundidad del suelo, topografía, materia orgánica, pH y nitrógeno.

Se disponía de mapas temáticos (escala 1: 100.000) de las condiciones ambientales mencionadas anteriormente, dentro de una base de datos SIG elaborados por el Gobierno Provincial de Loja (HCPL, 2004), el proyecto Bosque Seco (PBS, 1999) y por el programa de ordenamiento territorial de la cuenca binacional Catamayo–Chira (UNIGECC, 2002).

Con el uso del programa informático ArcGis 9.3, se realizó una superposición de capas temáticas considerando los rangos preestablecidos de las condiciones agroecológicas adecuadas para el cultivo de café (Tabla 14); a través de lo cual se obtuvo el mapa potencial del café para la parroquia Vilcabamba.

**Tabla 14:** Condiciones óptimas para el cultivo de café (IHCAFE, 1998; Valencia y Bravo, 1975).

CLIMA			SUELO			
Temperatura (°C)	Precipitaciones (mm)	Nitrógeno	Materia orgánica	pH	Pendiente	Profundidad (cm)
15-24	1000-3000	>3%	>2%	5,5-6,5	< 30%	>50

### 2. MODELO MATEMÁTICO

Para delimitar las zonas potenciales para el cultivo del café en la parroquia de Vilcabamba se ha realizado un modelo matemático con las condiciones óptimas consideradas para este estudio (Tabla 14): T<sup>a</sup> (temperatura), P (precipitaciones), N (nitrógeno), MO (materia orgánica), pH (potencial hidrógeno), Pte (pendiente del terreno), Pr (profundidad del suelo).

$$ZP = (C(T^a, P), N, MO, pH, Pte, Pr)$$

La ecuación que va a definir la zona potencial de cultivo de café según el modelo propuesto es:

$$ZP = \frac{I_t + I_p + I_N + I_{MO} + I_{pH} + I_{Pte} + I_{Pr}}{n_I}$$

Donde ZP es la zona potencial para cultivo del cafetal y toma un valor entre 1 y 3,  $n_I$  es el número de índices que hay en total, en este caso son 7. Los índices se obtienen de la siguiente forma:

Índice de temperaturas ( $I_t$ ): Obedece a las temperaturas medias máxima y mínima anuales,  $T_{máx}$  y  $T_{mín}$  respectivamente, del área considerada y a las temperatura máxima ( $T_a$ ) y mínima ( $T_b$ ) necesarias para el desarrollo óptimo del cultivo (Tabla 2).

$$\text{Si } (T_{máx}; T_{mín}) \subset (T_a; T_b) \Rightarrow I_t=3$$

$$\text{Si } (T_{máx}; T_{mín}) \not\subset (T_a; T_b) \text{ y } (T_{máx}; T_{mín}) \cap (T_a; T_b) \neq \{\} \Rightarrow I_t=2$$

$$\text{Si } (T_{máx}; T_{mín}) \cap (T_a; T_b) = \{\} \Rightarrow I_t=1$$

Índice de precipitaciones ( $I_p$ ): Depende de las precipitaciones máximas ( $P_{máx}$ ) y mínimas ( $P_{mín}$ ) anuales de la zona de estudio y de las precipitaciones óptimas máximas ( $P_a$ ) y mínimas ( $P_b$ ) para el desarrollo del café.

$$\text{Si } (P_{máx}; P_{mín}) \subset (P_a; P_b) \Rightarrow I_p=3$$

$$\text{Si } (P_{máx}; P_{mín}) \not\subset (P_a; P_b) \text{ y } (P_{máx}; P_{mín}) \cap (P_a; P_b) \neq \{\} \Rightarrow I_p=2$$

$$\text{Si } (P_{máx}; P_{mín}) \cap (P_a; P_b) = \{\} \Rightarrow I_p=1$$

Índice de nitrógeno ( $I_N$ ): Obedece a la cantidad máxima de nitrógeno ( $N_{máx}$ ) y mínima ( $N_{mín}$ ) presente en el suelo del área de estudio y a las cantidades óptimas máximas ( $N_a$ ) y mínimas ( $N_b$ ) adecuadas para el cafetal.

$$\text{Si } (N_{máx}; N_{mín}) \subset (N_a; N_b) \Rightarrow I_N=3$$

$$\text{Si } (N_{máx}; N_{mín}) \not\subset (N_a; N_b) \text{ y } (N_{máx}; N_{mín}) \cap (N_a; N_b) \neq \{\} \Rightarrow I_N=2$$

$$\text{Si } (N_{máx}; N_{mín}) \cap (N_a; N_b) = \{\} \Rightarrow I_N=1$$

Índice de materia orgánica ( $I_{MO}$ ): Depende del porcentaje de materia orgánica máximo ( $MO_{máx}$ ) y mínimo ( $MO_{mín}$ ) establecido en la zona estudiada y del porcentaje máximo ( $MO_a$ ) y mínimo ( $MO_b$ ) adecuado para el correcto establecimiento y desarrollo del cultivo.

$$\text{Si } (MO_{máx}; MO_{mín}) \subset (MO_a; MO_b) \Rightarrow I_{MO}=3$$

$$\text{Si } (MO_{máx}; MO_{mín}) \not\subset (MO_a; MO_b) \text{ y } (MO_{máx}; MO_{mín}) \cap (MO_a; MO_b) \neq \{\} \Rightarrow I_{MO}=2$$

$$\text{Si } (MO_{máx}; MO_{mín}) \cap (MO_a; MO_b) = \{\} \Rightarrow I_{MO}=1$$

Índice de pH ( $I_{pH}$ ): Se relaciona con el pH máximo ( $pH_{máx}$ ) y al mínimo ( $pH_{mín}$ ) existente en los suelos de la parroquia Vilcabamba y al pH máximo ( $pH_a$ ) y mínimo ( $pH_b$ ) óptimo para el cafeto.

Si  $(pH_{m\acute{a}x}; pH_{m\acute{i}n}) \subset (pH_a; pH_b) \Rightarrow I_{pH}=3$

Si  $(pH_{m\acute{a}x}; pH_{m\acute{i}n}) \subset (pH_a; pH_b)$  y  $(pH_{m\acute{a}x}; pH_{m\acute{i}n}) \cap (pH_a; pH_b) \neq \{\}$   $\Rightarrow I_{pH}=2$

Si  $(pH_{m\acute{a}x}; pH_{m\acute{i}n}) \cap (pH_a; pH_b) = \{\} \Rightarrow I_{pH}=1$

Índice de pendiente ( $I_{pte}$ ): Se refiere a la pendiente máxima ( $Pte_{m\acute{a}x}$ ) y mínima ( $Pte_{m\acute{i}n}$ ) que se puede encontrar en la zona evaluada y a la pendiente máxima ( $Pte_a$ ) y mínima ( $Pte_b$ ) adecuada para el establecimiento de un cafetal.

Si  $(Pte_{m\acute{a}x}; Pte_{m\acute{i}n}) \subset (Pte_a; Pte_b) \Rightarrow I_{pte}=3$

Si  $(Pte_{m\acute{a}x}; Pte_{m\acute{i}n}) \subset (Pte_a; Pte_b)$  y  $(Pte_{m\acute{a}x}; Pte_{m\acute{i}n}) \cap (Pte_a; Pte_b) \neq \{\} \Rightarrow I_{pte}=2$

Si  $(Pte_{m\acute{a}x}; Pte_{m\acute{i}n}) \cap (Pte_a; Pte_b) = \{\} \Rightarrow I_{pte}=1$

Índice de profundidad ( $I_{pr}$ ): Corresponde a la profundidad máxima ( $Pr_{m\acute{a}x}$ ) y mínima ( $Pr_{m\acute{i}n}$ ) presente en la parroquia objeto de estudio y a la profundidad máxima ( $Pr_a$ ) y mínima ( $Pr_b$ ) necesaria para el óptimo establecimiento y crecimiento del cultivo.

Si  $(Pr_{m\acute{a}x}; Pr_{m\acute{i}n}) \subset (Pr_a; Pr_b) \Rightarrow I_{pr}=3$

Si  $(Pr_{m\acute{a}x}; Pr_{m\acute{i}n}) \subset (Pr_a; Pr_b)$  y  $(Pr_{m\acute{a}x}; Pr_{m\acute{i}n}) \cap (Pr_a; Pr_b) \neq \{\} \Rightarrow I_{pr}=2$

Si  $(Pr_{m\acute{a}x}; Pr_{m\acute{i}n}) \cap (Pr_a; Pr_b) = \{\} \Rightarrow I_{pr}=1$

La superposición final, fue consecuencia del solape de los mapas de: temperatura, precipitación, nitrógeno, materia orgánica, potencial hidrógeno, pendiente del terreno y profundidad del suelo. Esto permitió dividir el terreno en varias clases: zonas óptimas, zonas medianamente óptimas, zonas no óptimas (Tabla 15).

**Tabla 15:** Zonas óptimas (ZP) para el cultivo del café en la parroquia Vilcabamba.

Zonas	$\sum I$	$\sum I/nI$
<b>Zonas óptimas</b>	20	2,85
	19	2,71
	18	2,57
<b>Zonas medianamente óptimas</b>	17	2,43
	16	2,29
	15	2,14
<b>Zonas no óptimas</b>	14	2
	13	1,85
	12	1,71
	11	1,57
	10	1,42

$\sum I$ : sumatorio de todos los índices

Como se mencionó anteriormente, la zona potencial toma valores entre 1 y 3, siendo 3 el máximo valor que pudiera obtener cada índice. Las clases se han establecido según:

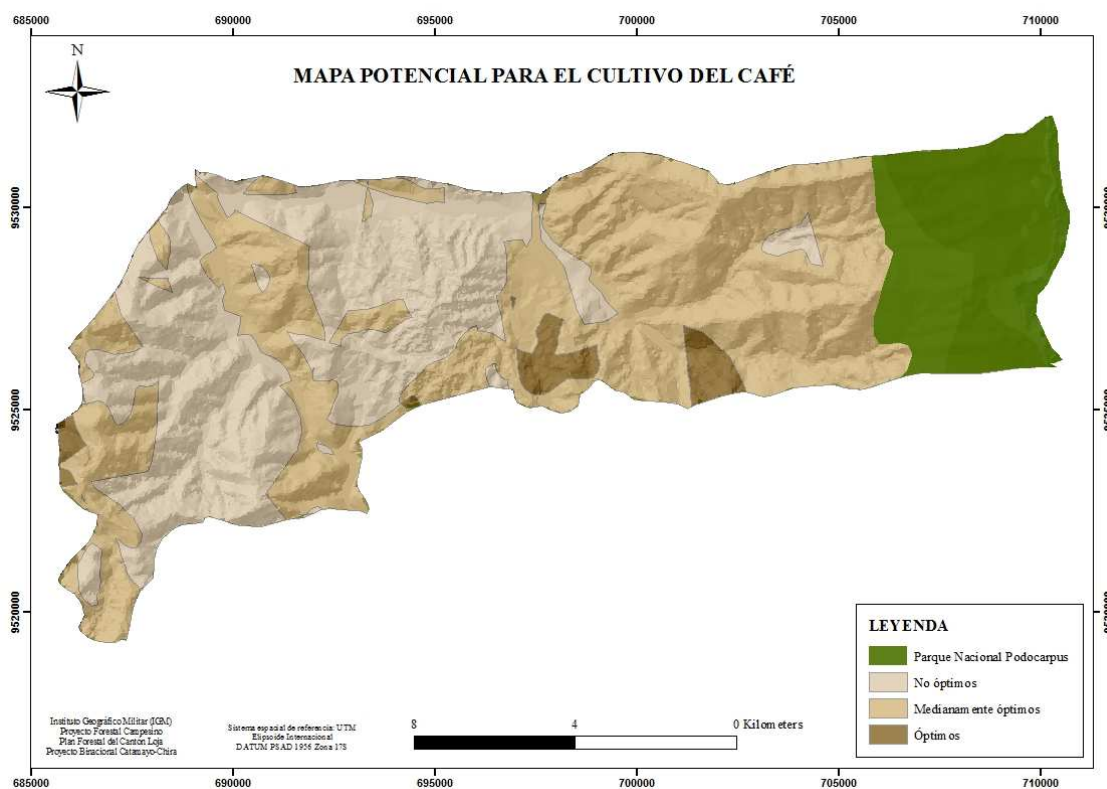
Zona adecuada  $ZP \geq 2,57$ ; Zona medianamente adecuada  $2,43 \leq ZP \leq 2,14$ ; Zona no adecuada  $ZP \leq 2$ .

Cabe destacar que no hubo ninguna zona que obtuviera todos los valores más elevados de los índices ( $\sum I/nI = 3$ ), por lo que no hay ninguna que cumpla con exactitud todos los factores

necesarios para ser perfectamente óptima, aunque hay varias áreas que cumplen la mayor parte de las condiciones, por lo que se las ha considerado adecuadas.

### 3. MAPA POTENCIAL PARA CULTIVO DEL CAFÉ EN LA PARROQUIA VILCABAMBA

El resultado final fue el mapa potencial para el cultivo del *Coffea arabica* en la parroquia Vilcabamba (Figura 8).



**Figura 8:** Mapa potencial para el cultivo del café en la parroquia Vilcabamba .

La superficie óptima es bastante reducida (20,24 km<sup>2</sup>), pues es muy complicado que las siete condiciones favorables se den a la vez; no obstante, en las franjas valoradas como medianamente óptimas (64,18 km<sup>2</sup>) e incluso en las no óptimas (72,84 km<sup>2</sup>), se pueden establecer cafetales, sólo que con algunas medidas adecuadas para asegurar la correcta implantación y desarrollo de los cafetos. Cabe mencionar que parte de la superficie óptima para el cultivo del café se encuentra insertada dentro del Parque Nacional Podocarpus, por lo que no podrá ser utilizada para el establecimiento del cultivo.

En la zona de estudio, por sus características ambientales, el establecimiento de sistemas agroforestales es un recurso a tener muy en cuenta para solventar gran parte de la problemática del sector. Mediante de un cafetal biodiverso se genera un hábitat para la fauna silvestre de la zona, se mejoran las condiciones de los suelos altamente degradados de la región, permite obtener precios más competitivos en los mercados internacionales por medio de la producción de café especial y recupera especies forestales de alto valor ecológico y

comercial. Todo ello permitiría posicionar al café de Vilcabamba en un nicho de mercado reducido y altamente competitivo.

## V. CONCLUSIONES

El proyecto “Modelo de Gestión Productiva para el Cultivo de Café (*Coffea arabica* L.) en el Sur de Ecuador”, tiene como finalidad ser una herramienta útil para mejorar la productividad y calidad de los cafetales presentes en la parroquia Vilcabamba, y con ello, fortalecer y mejorar el sector cafetalero local.

Es importante mencionar que este proyecto consiste en un modelo de procedimientos agrotécnicos, basado en el estudio de información de manera general, por lo que sería conveniente ampliarlo con estudios que incluyan información más actualizada y detallada.

Las componentes necesarias para la correcta ejecución del proyecto serían:

La realización de un estudio socioeconómico, ambiental y agronómico de la parroquia Vilcabamba.

La ejecución de una caracterización morfológica y caracterización molecular de café arábica.

La determinación de las características adecuadas de fincas experimentales ubicadas en la zona de estudio, en materia de fertilización, riego y control de plagas y enfermedades del cultivo.

La obtención de un mapa de zonas óptimas para el cultivo del café en el área de estudio, que indicará las zonas potenciales para el cultivo de acuerdo a las condiciones climáticas y edafológicas de la región.

Y la transferencia de resultados a los productores mediante talleres de capacitación continua, que se harán de forma teórica y práctica, y se desarrollarán en función del avance del desarrollo del cultivo (siembra, fertilización, adopción de sistemas de riego, labores culturales del cultivo, manejo y control de enfermedades y plagas).

Cabe mencionar, que en el presente proyecto se no se han estudiado todas las componentes antes mencionadas. Las actividades efectuadas han sido:

El estudio socioeconómico, ambiental y agronómico de la parroquia Vilcabamba.

La caracterización morfológica del material vegetal presente en el sur de Ecuador.

Y la zonificación de áreas potenciales de café a nivel edáfico y climatológico.

En la actualidad, el Centro de Investigación, Transferencia de Tecnología, Extensión y Servicios Agropecuarios de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), se encuentra realizando estudios vinculados al café arábica, en especial en el cantón Loja; en este sentido, se está llevando a cabo la caracterización molecular y organoléptica de café (*Coffea arabica* L.) distribuido en el sur de Ecuador. Asimismo, han presentado varias propuestas como la de “Tecnología integral para el manejo del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la parroquia Vilcabamba” cuyo objetivo es el incremento de la productividad del café de la zona, a través del uso de herramientas adecuadas en materia de fertilización, riego y manejo integrado de plagas.



Por lo tanto, del presente proyecto, en complementación con los estudios y propuestas de la UTPL, se podrían obtener resultados tangibles con la oportuna financiación.

Dados los resultados obtenidos en este modelo de gestión productiva, convendría continuar realizando estudios, como el que está llevando a cabo la UTPL, con el fin de conocer la diversidad genética de café arábica en el sur Ecuador. Además, estudios agronómicos y ambientales de la zona darían como resultado la obtención de mapas potenciales actuales y precisos.

## **VI. PLAN ECONÓMICO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

### **1. PLAN ECONÓMICO**

El objetivo del plan económico es reflejar la inversión precisa para la realización del proyecto “Modelo de gestión productiva para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en el sur de Ecuador.

Se han tenido en cuenta una serie de requisitos para la elaboración del presupuesto:

El presente estudio se encuentra en la fase de anteproyecto. Los costes asumidos para el plan económico son los necesarios para la fase de proyecto detallado.

El tiempo necesario para poder ejecutar el proyecto adecuadamente son dos años, pues el cafeto, desde el trasplante, es lo que tarda generar los primeros frutos.

La moneda empleada es el dólar americano, que se introdujo en el país en el año 2000.

El director del proyecto (ingeniero) se encargará de supervisar las tareas de los técnicos agropecuarios, por lo que sus horas de trabajo serán más reducidas.

El estudio financiero se ha dividido en cuatro partes:

1. Mano de obra necesaria para llevar a cabo el proyecto: se han considerado sólo los salarios referidos a la mano de obra del ingeniero, los técnicos y peones.
2. Transporte y dietas: incluye la gasolina y la alimentación de los ingenieros y técnicos durante las salidas.
3. Equipos, materiales y suministros: en este apartado se han incluido todos los dispositivos, materiales y provisiones necesarios para realizar el estudio.
4. Gastos generales e imprevistos: se ha considerado el 10% del monto para posibles imprevistos durante la ejecución del proyecto.

A continuación se pueden ver reflejados los costes finales para poder llevar a cabo este proyecto.

<b>COSTE TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>Coste año 1 (dólares \$)</b>	<b>Coste año 2 (dólares \$)</b>	<b>Coste Total (dólares \$)</b>
<b>Mano de obra</b>	20.768	5.550	26.350
<b>Movilidad</b>	7.466	3.734	11.200
<b>Equipos, materiales y suministros</b>	32.589,6	5.992,8	38.582,4
<b>Gastos generales e imprevistos</b>			7.613,24
<b>Total coste del proyecto</b>	<b>83.745,64\$</b>		

El presupuesto asciende (sin IVA) a la expresada cantidad de **83.745,64 dólares**.

## 2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Las actividades necesarias para poder llevar a cabo el estudio son ocho y el tiempo de ejecución veinticuatro meses.

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>CALENDARIO</b>																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Estudio socioeconómico																								
Caracterización morfológica y molecular																								
Instalación de parcelas demostrativas																								
Muestreo y análisis de suelos. Toma de datos con GPS																								
Trasplante																								
Fertilización																								
Programa epidemiológico																								
Zonificación a nivel edafológico y climático																								
Reuniones de sociabilización																								



# **ANEJOS A LA MEMORIA**



## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1. RESUMEN**

El cultivo de café se produce en 20 de las 24 provincias que constituyen la República de Ecuador, siendo uno de los pocos países que poseen producción mixta, es decir, que cultiva las dos variedades comerciales: arábica y robusta.

El café en Ecuador no solo tiene gran importancia socioeconómica, sino también ecológica, gracias a la gran diversidad de especies que se pueden asociar con él, generando un microclima adecuado para cafetal, propiciando la dispersión de flora y fauna beneficiosa y contribuyendo al mantenimiento de estas especies locales de gran valor ecológico y comercial. Además esta diversificación permite una reducción de los riesgos económicos propios del monocultivo, altamente sensible a las oscilaciones de los precios.

En términos generales, los cafetales ecuatorianos presentan una baja productividad que se relaciona con la vejez que presentan las plantaciones, la falta de conocimiento de las variedades que se encuentran en las fincas y la mala gestión en fertilización, aplicación de riego, control fitosanitario, podas, etcétera; a lo que se añade la escasa capacidad organizativa de los productores, la dificultad en el acceso al crédito y la poca conciencia en cuanto a la generación de un producto de calidad, lo que agrava la situación cafetalera ecuatoriana.

Ecuador, en comparación con el resto de países productores de café del entorno, no ha desarrollado apenas estrategias que contribuyan a la mejora de este sector. Actualmente, no existen políticas adecuadas ni entidades competentes generadoras de estrategias que consigan cambiar el rumbo de la situación del sector del café en el país.

No obstante, una estrategia adecuada debería ir encaminada a competir en términos de calidad y no de cantidad de producción, ya que serán otros países, de mayores dimensiones y más tecnificados, como Brasil y Colombia, son los que cuenten con la capacidad y los recursos necesarios para producir a gran escala.

Con respecto a la situación actual de la producción cafetalera en Ecuador, y en particular a su región sur, el presente estudio constituye un modelo piloto para el mejoramiento productivo del cultivo en una zona representativa del sur ecuatoriano (parroquia Vilcabamba), a través del cual se busca zonificar geográficamente las áreas adecuadas para su producción con referencia a diversos componentes que inciden sobre el establecimiento y manejo del cultivo (variedad de café, condiciones físico-químicas del suelo, topografía, variables meteorológicas, flora asociada, etc.); dicha metodología servirá como modelo para la gestión productiva del café en la región sur ecuatoriana.

Es importante indicar que la mayor parte de los componentes (condiciones físico-químicas de los suelos, variables meteorológicas, material vegetal, etc.) requieren un estudio detallado para la generación de su respectiva información; sin embargo, debido al tiempo y otros recursos requeridos, éste trabajo se limita a la obtención de información de forma más general, mencionando las alternativas metodológicas y tecnológicas para un estudio más detallado.

## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general:

**Proponer un modelo de gestión productiva para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en el sur de Ecuador.**

Objetivos específicos:

**1. Estudiar las condiciones socioeconómicas, ambientales y agronómicas relacionadas con el cultivo de café en la parroquia Vilcabamba (sur de Ecuador).**

Se determinó las condiciones ambientales y agronómicas sobre las que se encuentran establecidas las plantaciones de café en la parroquia Vilcabamba (información de campo, registros de productores, aplicación de una encuesta a productores de una asociación, etc.) y las condiciones óptimas recomendadas para este cultivo (investigación literaria de Ecuador y otros países andinos como Colombia y Brasil), con el fin de identificar las zonas potenciales para su producción y sus implicaciones en la fitotecnia. Algunas variables generadas por esta información sirvieron como herramienta para la generación de un mapa potencial para el establecimiento de café en la parroquia Vilcabamba.

**2. Caracterizar morfológicamente el germoplasma de café distribuido en el sur de Ecuador.**

Uno de los problemas en la producción de café se relaciona con la falta de conocimiento de los tipos o cultivares de café sembrados en las diferentes zonas encontrándose en las plantaciones una mezcla de variedades, lo cual afecta a la comercialización y calidad del producto. En este sentido, la caracterización morfológica permitirá conocer de manera preliminar la forma en que se relacionan las accesiones estudiadas; además, a través de esta actividad se describió morfológicamente el material vegetal utilizado por los productores y sus implicaciones en la fitotecnia y comercialización del producto.

**3. Elaborar un mapa potencial para la gestión productiva del café en la parroquia Vilcabamba, con referencia a las condiciones agroecológicas de la zona y a las necesidades de la especie.**

A través de un conjunto de variables ambientales propias de la parroquia Vilcabamba, del conocimiento de las condiciones agroecológicas óptimas para el establecimiento y manejo del cultivo de café, y del análisis de una imagen Landsat TM, se confeccionó mediante el programa ARGIS 9.3 un conjunto de mapas de la parroquia que sirvieron para la obtención del mapa potencial del café. Este último mostró una zonificación de los sitios adecuados para el establecimiento de los cafetales y su respectiva planificación en el manejo del cultivo.



### **3. PROMOTORES DEL PROYECTO**

Las instituciones encargadas de este proyecto son: la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) y la Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur (FAPECAFES), que ahora mismo se encuentran a la espera de una posible financiación para poder ejecutar el proyecto.

## II. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

### 1. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO Y OJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO EN ECUADOR.

#### 1.1 ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO

El Índice de Desarrollo se ha elaborado todos los años desde 1990 como una opción para poder evaluar el desarrollo nacional de los países, como el nivel de ingresos, y la tasa de crecimiento económico. Se basa en un indicador social estadístico conformado por tres parámetros: salud, educación e ingresos.

La República de Ecuador entre los años 1980 y 2010 creció en un 0,6% anual, aumentando del 0,576 hasta el 0,696 reflejado en la actualidad, lo que coloca al país en el puesto 77 de los 169 de los que se conocen datos comparables. América Latina y el Caribe como región, pasaron de 0,578 en el año 1980 al 0,706 observado en la actualidad, por lo que Ecuador se encuentra situado por debajo de la media regional.

**Tabla 16:** Índice de Desarrollo Humano por provincias (INEC, 2001)

Provincia	IDH	Provincia	IDH
Pichincha	0,758	Cañar	0,651
Guayas	0,724	Orellana	0,619
El Oro	0,711	Napo	0,619
Carchi	0,694	Sucumbíos	0,619
Azuay	0,689	Pastaza	0,619
Tungurahua	0,683	Morona Santiago	0,619
Manabí	0,667	Zamora Chinchipe	0,619
Loja	0,667	Cotopaxi	0,613
Imbabura	0,662	Bolivar	0,599
Esmeraldas	0,655	Chimborado	0,593
Los Ríos	0,654		

A nivel de país, las provincias con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) más elevado son las de Pichincha y Guayas, mientras que las que poseen este índice más bajo, son las de Bolivar y Chimborazo (Tabla 16).

Por otro lado, los IDH de la provincia de Loja, a nivel cantonal, mostraron los siguientes resultados:

**Tabla 17:** Índice de Desarrollo Humano por Cantones (Centro de Asesoría de Desarrollo Empresarial y Social CADES-UTPL, 2010).

Cantones	IDH	Cantones	IDH
Loja	0,71	Macará	0,62
Calvas	0,66	Sozoranga	0,62
Gonzanamá	0,66	Pindal	0,61
Catamayo	0,65	Chahuarpamba	0,61
Celica	0,64	Saraguro	0,61
Zapotillo	0,62	Espíndola	0,61
Puyango	0,62	Quilanga	0,61
Paltas	0,62	Olmedo	0,6

Entre los cantones Loja y Olmedo existe una diferencia porcentual de 11 puntos, lo que muestra un claro caso de concentración e inequidad en lo provincial (Tabla 17). Esta situación también es común en las provincias del sur Ecuatoriano como El Oro y Zamora Chinchipe.

## 1.2 OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO

En el año 2005, Ecuador realizó el primer informe nacional sobre los Objetivos de desarrollo del Milenio (ODMs). Para su realización se presentó un análisis de las tendencias de los principales indicadores para cada una de las metas, con la finalidad de corroborar si el país iba por el camino adecuado o no para cumplirlas; sin embargo las disparidades locales no se veían reflejadas en los promedios nacionales. Por este motivo, se crea un segundo informe en 2007 en el que se pone especial atención en la problemática local y en el análisis de las políticas existentes.

Por desgracia los resultados obtenidos de los informes no son reconfortantes en la mayor parte de los casos. En cuanto a la disminución de la pobreza extrema no existen cambios significativos desde el 1995; además las mejoras realizadas para la reducción de la mortalidad infantil y la erradicación del analfabetismo no son suficientes. La igualdad en el acceso a la educación entre hombres y mujeres va por buen camino y es posible que se pueda alcanzar la meta propuesta para el 2015, sin embargo en el mercado laboral, la situación no es igualitaria. La incidencia del VIH no se ha conseguido frenar y la violencia de género no se ha reducido. Por otra parte, Ecuador es uno de los países con mayor pérdida de cobertura vegetal. También hay que destacar, que en lo referente al acceso de agua potable y saneamiento, ha mostrado una clara mejoría.

La situación de cada uno de los ocho ODMs, de manera resumida en Ecuador, es la siguiente (PNUD, 2007):

### Objetivo 1: Erradicar la pobreza extrema y el hambre

Los niveles de pobreza extrema y hambre se elevaron entre 1997 y 2001, debido fundamentalmente al periodo de crisis, y posteriormente descendieron, de modo que en 2006 las cifras eran de 38% y 13%, no siendo nada alentadoras con respecto a los niveles de 1995:

39% y 14% respectivamente. Por ello, la conclusión del informe es que Ecuador lleva una década perdida en el logro de este objetivo.

Como estrategias para reducir la pobreza se plantearon varias alternativas como: la implementación de un sistema de protección social ante posibles crisis económicas y naturales, promover la capacitación en materias de salud y educación en las zonas más desfavorecidas e implementar un sistema de seguridad social que cubra a los pobres.

Por otra parte, el país amplió este objetivo 1 incluyendo la meta de la desigualdad, planteándose de esta forma invertir el incremento de la desigualdad observado en los últimos años. Desafortunadamente, se observa un incremento de la desigualdad en la última década.

En referencia a la reducción del hambre, cabe destacar la desnutrición infantil como problema prioritario. Este indicador ha mostrado una disminución durante la última década, sin embargo, en comparación con países vecinos, está lejos de progresar de igual forma.

### **Objetivo 2: Lograr la enseñanza primaria universal**

En 2006, uno de cada 10 niños y niñas entre 5 y 14 años no eran matriculados en la educación básica general, y sólo uno de cada dos mayores de 14 años concluía la instrucción básica. Las zonas rurales indígenas y las regiones ocupadas por afroecuatorianos son las que menos medios tienen para el logro de este objetivo.

El gobierno de este país sudamericano está emprendiendo una serie de acciones encaminadas al cumplimiento de esta meta mediante una serie de programas, como pueden ser: la generación de infraestructura educativa, dotación de libros escolares y aumentando el número de docentes en las zonas rurales.

### **Objetivo 3: Promover la igualdad de géneros y la autonomía de la mujer**

La meta de equidad en el acceso a la educación entre hombres y mujeres se ha alcanzado ya en la mayor parte de los casos, pero todavía existen desigualdades entre las mujeres rurales e indígenas en algunas provincias en los niveles secundario y superior.

En cuanto a la participación igualitaria en el mercado laboral, no se observan estas mejorías. El desempleo femenino es el doble que el masculino; además los ingresos de los hombres con el mismo nivel educativo son superiores, gozando estos de un 14% más de salario por realizar el mismo trabajo. No se podrá alcanzar la meta de la equidad entre géneros si no se toman medidas al respecto.

La violencia de género presenta valores muy elevados y no hay constancia de que se haya reducido en los últimos años. La participación política de la mujer ha experimentado una mejora, y el número de mujeres que acceden a cargos de elección popular es mayor, pero sigue habiendo mayoría de hombres en este caso.

### **Objetivo 4: Reducir la mortalidad infantil**

En 1990 la tasa de mortalidad de niños menores de cinco años fue de 43,1 por cada mil nacidos vivos, y en el año 2004 de 21,8, lo que supone una mejoría. No obstante, en

comparación con el resto de países latinoamericanos, la tasa de mortalidad infantil en Ecuador se encuentra entre las más altas.

Es importante destacar que este valor se estima mediante los nacidos vivos de cada año y los registrados un año después del nacimiento. Cada año se registran aproximadamente un 60% de nacidos vivos, y el año siguiente quedan entre el 25 y 28% de los mismos.

Para el cumplimiento de este objetivo es necesario implementar políticas de seguridad alimentaria y nutricional, de las que se hace especial énfasis en el Objetivo 1, que garanticen una nutrición óptima a la población, dándole mayor importancia a situaciones como: lactancia materna hasta los seis meses, administración de micronutrientes, educación y promoción de dietas saludables.

Las zonas más necesitadas de este tipo de políticas son las áreas rurales, zonas urbanas periféricas, población indígena y afroecuatorianos.

### **Objetivo 5: Mejorar la salud materna**

La mortalidad materna en 1990 era de 117,2 por cada cien mil nacidos vivos, por lo que, en comparación con el año 2004, cuyo valor era de 50,7, se puede decir que ha habido una reducción de la defunción de madres bastante significativa, pero para poder alcanzar el Objetivo 5, es necesario alcanzar el valor de 29,3. Las mujeres indígenas y las asentadas en zonas rurales son las que mayor tasa de mortandad registran.

En Ecuador la tasa de mortalidad materna se encuentra también entre las más altas en comparación con el resto de países latinoamericanos.

Aunque es cierto que ha habido un notable avance, para el cumplimiento de esta meta es necesario optimizar la institucionalización de las políticas públicas existentes en el país, aún mas, cuando quedan pocos años para evaluar los avances de estos objetivos en Ecuador.

### **Objetivo 6: Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades**

Entre los años 1990 y 2005 el incremento de personas afectadas por el VIH pasó del 0,9 al 10,6 por cada cien mil habitantes. Desgraciadamente no se ha conseguido detener el avance de esta enfermedad.

Para lograr controlar y empezar a reducir la incidencia del SIDA, es primordial que haya un gran impulso de políticas públicas.

En Ecuador, la incidencia del paludismo ha sido muy irregular, lo cual se debe, a la gran diversidad de condiciones climáticas y a la deficiente infraestructura sanitaria. Por ello, dependiendo en el periodo en que se analice, varía su tasa de incidencia, aún así, no se ha conseguido detener su propagación. Con el fin de controlar esta situación, es necesario poner en práctica medidas que permitan mejorar la calidad de vida de los sectores más influenciados por esta enfermedad.

Otra enfermedad producida por un vector y que posee tasas elevadas en el país es el dengue, siendo esta también primordial para el sistema de salud. La tuberculosis pulmonar en la última

década ha mostrado una reducción significativa del 67,9 al 29,2 por cada cien mil habitantes, sin embargo, esta constituye uno de los principales problemas a nivel sanitario.

### **Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente**

Según estudios realizados por el Ministerio del Ambiente y EcoCiencia, ha habido una clara disminución de la superficie natural de Ecuador. El proceso de degradación del paisaje se ha acelerado debido a cambios en el uso del suelo. Esta gran pérdida de superficie natural y deforestación coloca a Ecuador entre uno de los primeros en materia de degradación ambiental en comparación con el resto de países de la región; así en 2001 este país registraba sólo un 55% del total de la superficie natural de sus ecosistemas.

En lo referente al sector del agua potable y saneamiento, el porcentaje de casas que poseen acceso a agua entubada se ha incrementado. En 1995 el promedio era del 37%, en 1999 del 40% y en 2006 del 48%, lo que refleja que más de la mitad del país no posee acceso a agua en buen estado. La costa y la región amazónica son las más desfavorecidas en este sentido. Esta falta de acceso también puede comprobarse comparando el sector urbano con el rural, donde el primero posee una cobertura del 66% frente al 14% del segundo.

### **Objetivo 8: Fomentar una asociación mundial para el desarrollo**

El crecimiento y desarrollo de Ecuador ha pasado por muchos altibajos. La diversidad de políticas económicas desencadenó la gran crisis económica y financiera de final de siglo, contribuyendo a la posterior implementación del dólar en el país.

El peso de las exportaciones en el PIB ha pasado del 26% en el año 1990 al 30% en el año 2006, lo que refleja una pequeña mejoría. Por otro lado existe un decrecimiento del peso de las exportaciones no petroleras, esto se debe al progresivo aumento del peso del barril de petróleo a nivel mundial.

La apertura comercial ha presentado una evolución favorable. En 1990 el grado de apertura era de 42%, valor que ha ido en aumento alcanzando el 58% en el año 2006. De todos modos, no hay que olvidar el gran efecto que tienen los precios del crudo sobre este indicador.

La inversión extranjera ha pasado de 1,2% a 5,2% en 1990 y 2005 respectivamente. Este aumento no se debe únicamente a las condiciones económicas, sino que además, factores como la estabilidad política del país, han contribuido de sobremanera en este aumento. La deuda externa se ha reducido paulatinamente, sobre todo a partir del año 2000.

Por otra parte, el 5% de la población activa no accedía a un puesto de trabajo en 2007, lo que refleja que Ecuador no posee una tasa de desempleo elevada.

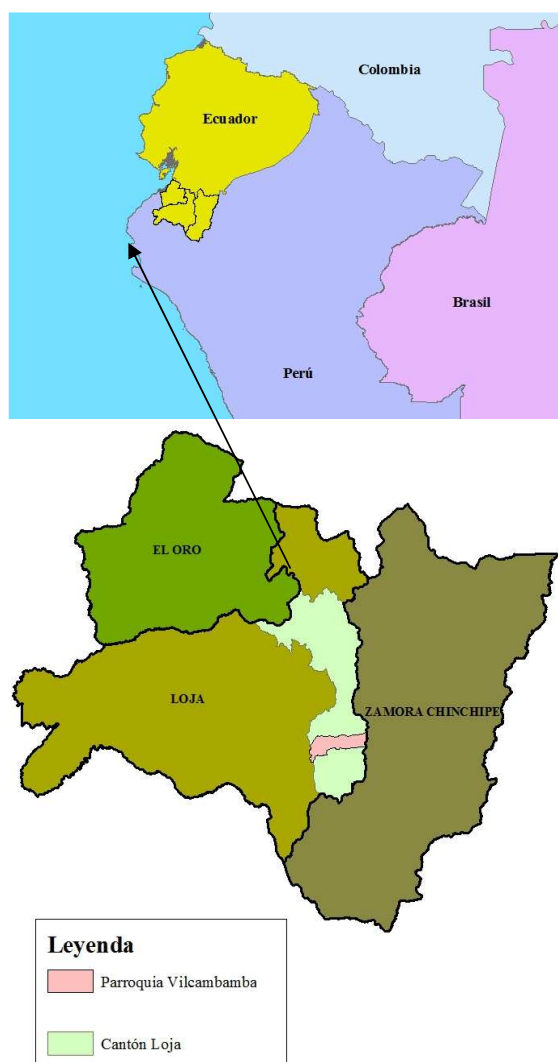
La tasa de subempleo sí refleja valores preocupantes. En 2007 empeoró en comparación con la registrada en 1990, alcanzando un 55%, lo que quiere decir que 1 de cada 2 personas que tienen trabajo, dedican a este más de 40 horas semanales o poseen dos trabajos para poder acceder a la canasta básica. El sector más afectado es el femenino.

## 2. SUR DE ECUADOR

### 2.1 UBICACIÓN

La República de Ecuador (Figura 9) es un país sudamericano que limita al oeste con el Océano Pacífico, al norte con Colombia, y al sur y al este con Perú. Posee tres zonas geográficas muy diversas y diferentes entre sí: La sierra o tierras altas de los Andes, la costa y el oriente. Las Islas Galápagos, archipiélago ubicado en el Océano Pacífico, a 1.000 km del continente, también pertenecen a Ecuador.

El territorio ecuatoriano se divide en 24 provincias. Las provincias a su vez se dividen en cantones y estos mismos en parroquias. La capital del país es Quito, y su ciudad más poblada Guayaquil.



**Figura 9:** Mapa de ubicación de la zona de estudio (Elaboración propia).

El área de estudio (Figura 9) será el sur ecuatoriano conformado por las provincias de: Loja, El Oro y Zamora Chinchipe. Se escogió un área tan extensa para el estudio, porque había

medios disponibles para realizar parte del mismo (caracterización morfológica) en todo el sur del país, aunque se ha profundizado en un área más pequeña denominada parroquia Vilcabamba.

Estas tres provincias están conformadas por 39 cantones y 191 parroquias rurales distribuidas en una extensión de 27.440,98 km<sup>2</sup> que representa aproximadamente el 11% del territorio del país sudamericano. El 20% de sus suelos se encuentran protegidos mediante legislación vigente, ya que, aunque representa una pequeña zona dentro del país, es la más biodiversa con 8.000 especies de plantas, más de 1.000 especies de aves.

Los tres núcleos sobre los que se asienta la mayor parte de la población son las ciudades de Loja, Machala y Zamora, aunque las cabeceras cantonales de Huillas, Santa Rosa y Guabo junto con Machala constituyen la mayor concentración poblacional.

La parroquia de Vilcabamba, cantón Loja, provincia de Loja, se encuentra ubicada al sur del Ecuador bajo las coordenadas geográficas: latitud: S 4° 20' / S 4° 10' y longitud: W 79° 15' / W 79° 0'; dicha zona posee un clima subtropical templado con una temperatura promedio de 18°C y la precipitación media anual es de 800 mm. Se encuentra entre los 1.400 y 3.760 msnm y posee aproximadamente 5.000 habitantes. Su extensión se estima en 157,26 km<sup>2</sup>.

Dentro de la parroquia Vilcabamba se encuentra enclavado una parte del Parque Nacional Podocarpus, que destaca por ser una de las zonas más ricas del mundo en cuanto a la avifauna, con más de 560 especies registradas, que representan alrededor del 40% de las aves de Ecuador.

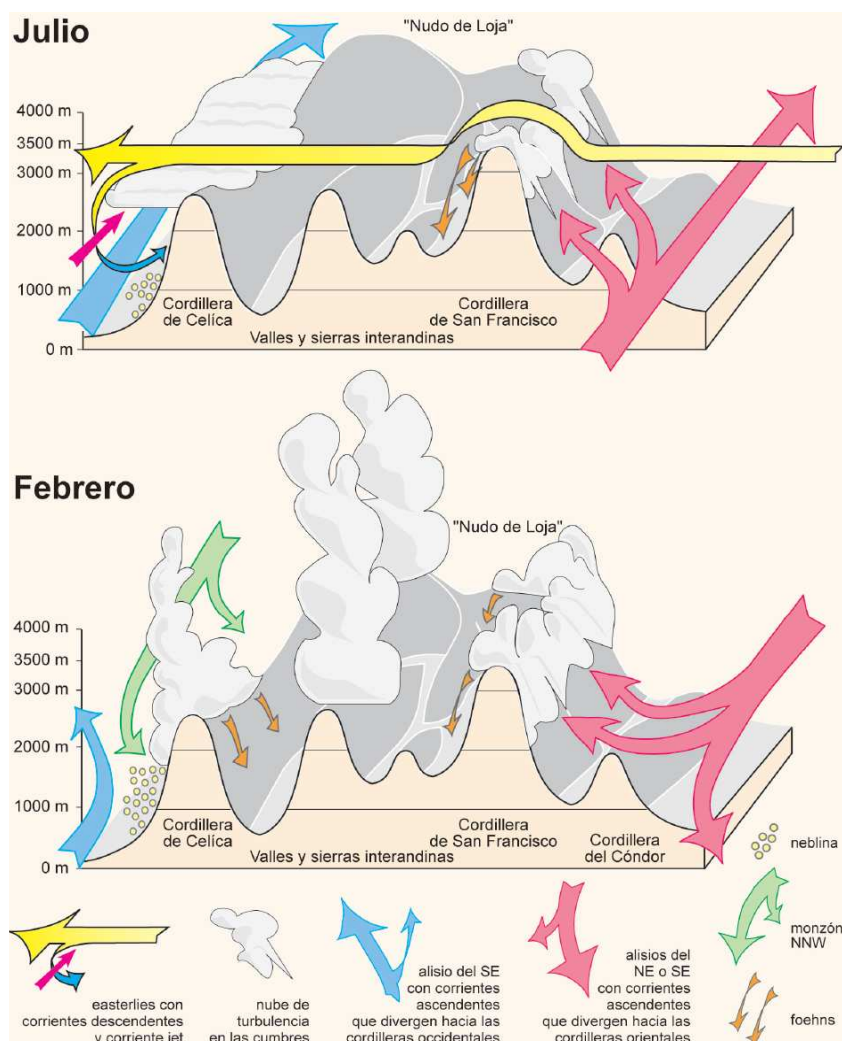
## 2.2 VARIABLES METEOROLÓGICAS

El clima característico del sur ecuatoriano es el típico clima tropical, con amplias variaciones durante un mismo día. No existen estaciones climáticas anuales con distintas condiciones de radiación y temperatura y tampoco los largos inviernos de otras latitudes que frenan la actividad biológica con su constante frío. Las variaciones climáticas que se observan durante un mismo día van, desde una primavera templada a primera hora del día, un verano caliente al medio día, un otoño lluvioso por la tarde y un frío invernal durante la noche. Con el aumento de altitud, este comportamiento climático se acentúa; sin embargo, en los Andes del sur de Ecuador al no existir altitudes extremas, las temperaturas medias anuales registradas en las partes más altas son de 10°C, y en los valles de Loja, Vilcabamba se encuentran entre los 15 y 21°C.

Los aspectos climatológicos durante julio y febrero en los valles de Vilcabamba y Loja, situados en las cordilleras occidentales de los Andes del sur de Ecuador y de Zamora, ubicada en la zona oriental y comienzo del amazonas (Figura 10), muestran como los easterlies (vientos del este, fuertes y casi permanentes) de la troposfera media son los que originan las precipitaciones durante todo el año en las cordilleras orientales. Estos vientos fuertes son los responsables de elevar las masas de aire que provienen de los alisios de la troposfera inferior. Los alisios pasan al este de la cadena montañosa sobre la Amazonía preandina, de sur a norte en el invierno (julio), y de norte a sur en el verano (febrero). Estos flujos de aire, al encontrar como obstáculo los Andes, chocan contra ellos y ascienden condensándose sobre las cumbres del lado oriental, dando lugar a precipitaciones frecuentes en la vertiente del valle de Zamora; en cambio, en la vertiente occidental, al encontrarse resguardada, el aire desciende



calentándose y perdiendo humedad (efecto Foehn), lo que da lugar al clima cálido y seco de los valles interandinos de Loja y Vilcabamba.

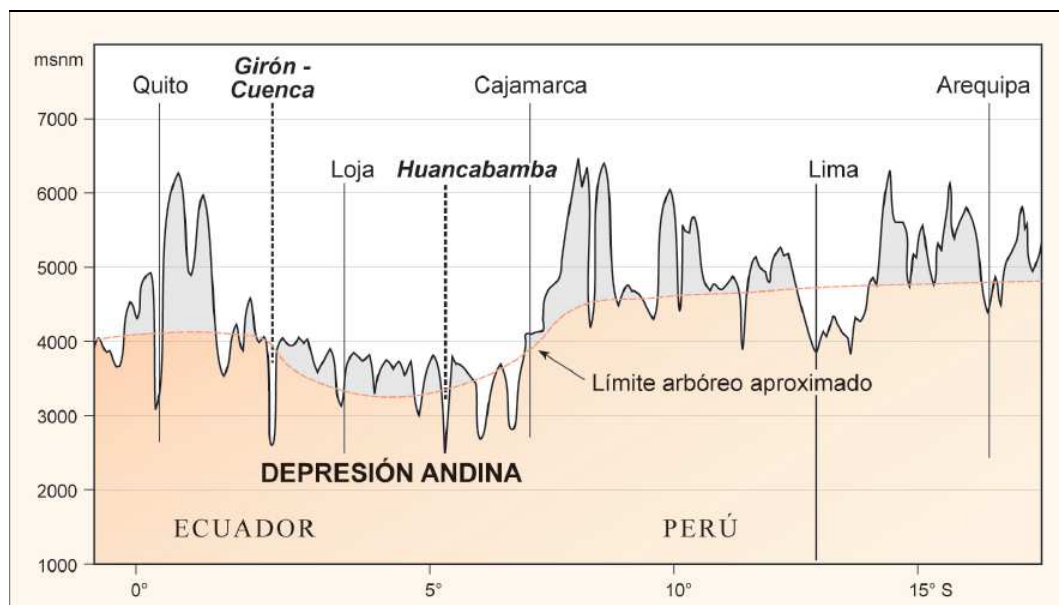


**Figura 10:** Esquema de la circulación de corrientes de aire en febrero y Julio en los valles de Loja y Vilcabamba, y en la región amazónica de Zamora (Richter y Moreira-Munoz, 2005).

Por otra parte, nubes procedentes de la cordillera occidental del oeste pueden pasar al este y acompañar a los foehns desde la cordillera de Celica hacia los valles interiores. Ocasionalmente nubes tempestuosas comienzan a elevarse sobre los valles interandinos a media mañana, lo que suele ser la única fuente de lluvia para esta zona. Otro fenómeno climático típico de esta zona, aunque su duración se concentre en unos pocos días, es el llamado “veranillo del Niño”, que se caracteriza por ser un periodo con escasez de precipitaciones entre los meses de octubre y abril. Algunas veces, el aliso del sur amaina, y entra una corriente monzónica que puede producir precipitaciones en la vertiente oeste de la cordillera occidental.

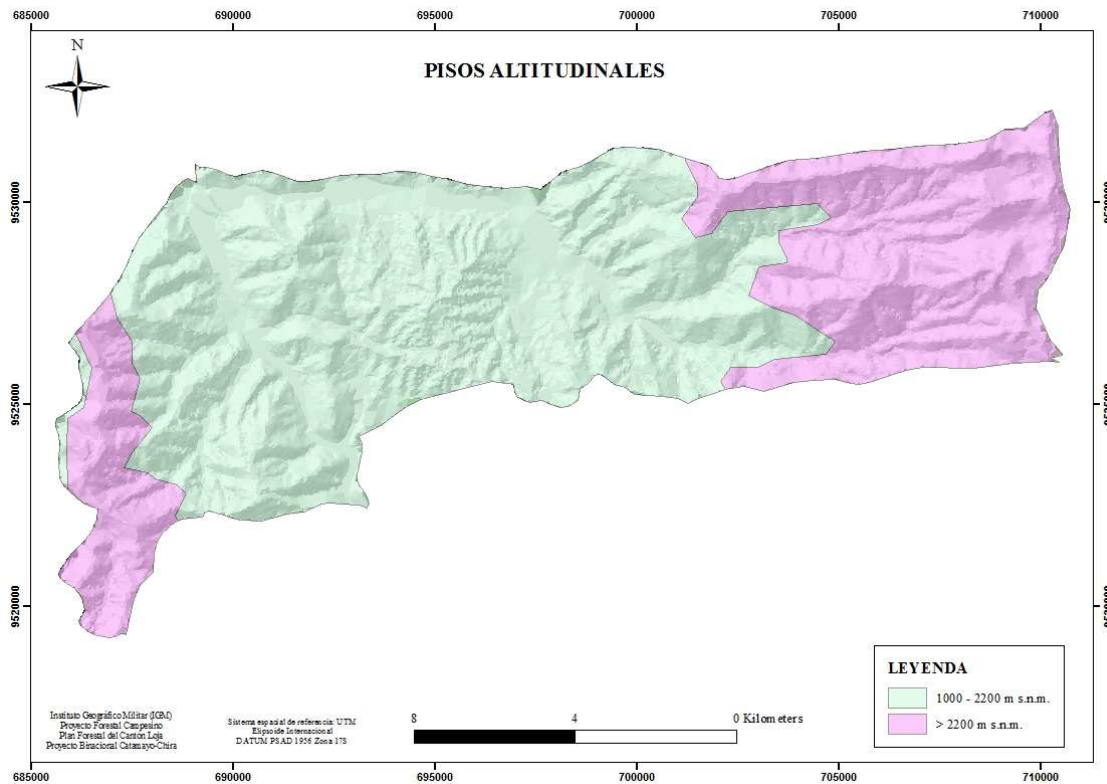
### 2.3. RELIEVE

El sur de Ecuador es un área donde la cordillera de los Andes presenta su más baja distribución altitudinal, conocida como la deflexión de Huancabamba (Figura 11). Esta deflexión produce zonas geográficas accidentadas con fuertes pendientes hacia ambos flancos este y oeste, lo cual influye de gran manera en la incidencia de deslizamientos naturales.



**Figura 11:** Depresión Andina (Richter y Moreira-Munoz, 2005).

La parroquia objeto de estudio presenta una topografía bastante irregular con pendientes de moderadas a fuertes, los rangos se encuentran entre 0 a mayores de 58%, distribuidos de la siguiente manera: De 0 a 16% se consideran superficies planas, de 16 a 30% superficies de pendiente moderada, de 30 a 58% pendiente fuerte y mayores a 58% pendientes muy fuertes. Los rangos de altitud (Figura 12) oscilan entre 1.400 y 3.760 msnm, coincidiendo las zonas de mayor elevación con las situadas al este y al suroeste de la parroquia Vilcabamba.



**Figura 12:** Pisos altitudinales de la parroquia Vilcabamba (elaboración propia)

## 2.4 GEOLOGÍA Y SUELOS

Los Andes en Ecuador se encuentran compuestos por tres cordilleras claramente diferenciadas, en la zona norte la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental o Real, y en la zona austral por una sola cordillera. La Cordillera Occidental se separa de la Cordillera Real gracias a un valle interandino de 40 km de ancho aproximadamente. Conforme se avanza hacia la zona sur, la depresión interandina adquiere mayor extensión coincidiendo con las zonas de Loja (Vilcabamba) y el Oro. La actividad tectónica Cuaternaria en la Cordillera Real y en el valle interandino es frecuente, a diferencia de la Cordillera Occidental.

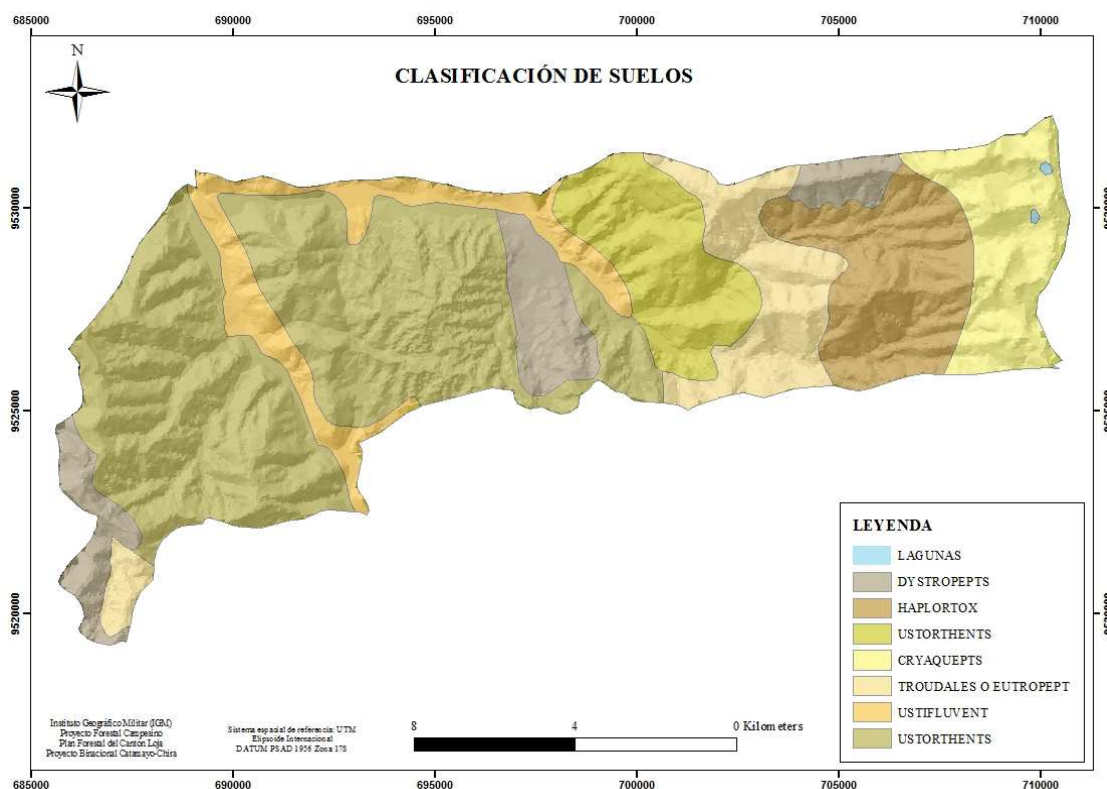
La provincia de Loja está conformada por diversos basamentos rocosos. A lo largo de toda la provincia se pueden encontrar rocas magmáticas intrusivas, que han dado lugar a las rocas paleozoicas, cretácicas y terciarias. La zona noroeste y este, está constituida por rocas metamórficas de la era Paleozoica. En la zona este, en las depresiones interandinas de Loja, Malacatos y Vilcabamba, se localizan rocas sedimentarias (Figura 13) propias de la era Terciaria. Al noreste, las rocas tipo volcano-sedimentarias de la era cuaternaria, son las que abundan. También, en algunas zonas de la provincia se pueden encontrar rocas de origen magmático del Cretácico (Kennerley, 1973).



**Figura 13:** Rocas sedimentarias de los alrededores de la ciudad de Loja (PNUMA, 2007).

Los valles interandinos están formados por cuencas sedimentarias generadas en ambientes lacustres, fluviales y aluviales, que por norma general, se encuentran formados por piroclastos, y es en zonas como el valle de Vilcabamba, ubicado en las zonas bajas de la depresión interandina, donde se observa el afloramiento piroclástico (Hofstede et al., 1998).

Los suelos de la provincia de Loja, por norma general, suelen ser ricos en arcilla, con un pH entre neutro y alcalino. La cantidad de nitrógeno y materia orgánica es media, la disponibilidad de fósforo es relativamente baja, y la de potasio, en especial en zonas secas, es relativamente alta. Sin embargo, una excepción de la provincia, en relación con el potencial hidrógeno, es la parroquia Vilcabamba donde se encuentran suelos neutros y ligeramente ácidos en la mayor parte de la superficie.



**Figura 14:** Clasificación de suelos de la parroquia Vilcabamba (Elaboración propia).

Los tipos de suelos presentes en la parroquia Vilcabamba (Figura 14) son:

**DYSTROPEPTS:** Suelos típicos de zonas húmedas y frías que en ocasiones se encuentran erosionados debido a las fuertes pendientes que soportan. Su color es rojo o pardo amarillento y la arcilla dominante presente en ellos es la caolinita.

**HAPLORTOX:** Las característica más relevante de este tipo es su tonalidad rojiza. Son suelos arcillosos que presentan óxidos de aluminio y hierro, poseen un pH ligeramente ácido y van de poco erosionados a erosionados.

**USTORTHENTS:** Son suelos erosionados que se encuentran presentes en las zonas secas y poseen un pH neutro. Son poco profundos y muy pedregosos.

**CRYAQUEPTS:** Se localizan en las regiones altas de la Cordillera Real u Oriental y son muy ricos en materia orgánica. Son suelos poco profundos que se asientan sobre material glaciar pedregoso.

**TROUDALES O EUTROPEPTS:** Suelos con coloración roja o pardo amarillenta, con presencia de montmorillonita en profundidad y de caolinitas en la superficie. Esta tipología de suelos se ubica en zonas secas y son ricos en arcilla.

**USTIFLUVENT:** Se localizan en las zonas bajas de los valles y son suelos aluviales con una distribución irregular de materia orgánica y con granulometría variable.

USTORTHENTS: Suelos bastante pedregosos, erosionados y de poca profundidad. Se encuentran en zonas secas y poseen pH neutro.

## 2.5 HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica ecuatoriana es bastante completa a excepción de las zonas costeras meridionales y las áreas occidentales. Los ríos de Ecuador desembocan por el este en el Amazonas, y por el oeste vierten sus aguas al Océano Pacífico. Por norma general, son caudalosos y veloces, y se suelen originar en las zonas altas de los Andes.

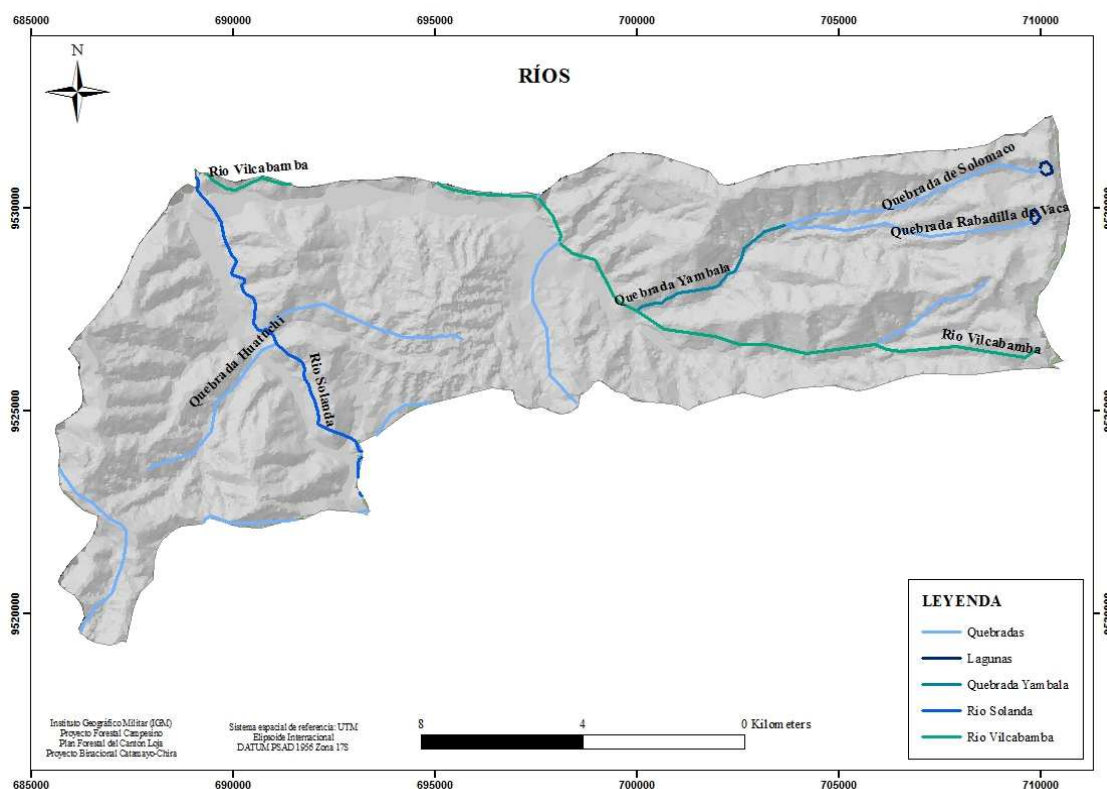
En la provincia de Loja existen cuatro redes hidrográficas. En el norte se localiza la cuenca del río Jubones, que posee 1.076 km<sup>2</sup> de área, que también discurre por las provincias de El Oro y Azuay. En el este se ubica la cuenca alta del río Santiago, de 634 km<sup>2</sup> de área, con límite en la provincia de Zamora Chinchipe. Y en el centro y sur de la provincia de Loja, se localiza el sistema Catamayo-Chira que está constituido por tres cuencas: el río Catamayo en la zona central, el río Macará al sur y el río Alamor al este.

El cantón Loja está formado por dos cuencas hidrográficas, la conformada por el río Zamora al norte, que desemboca en el atlántico, y la del Catamayo ubicada al sur de la ciudad de Loja, que fluye hasta llegar al Pacífico.

En la red hidrográfica del Zamora existen dos ramas bien diferenciadas: el ramal compuesto por los ríos Curitroje, Zamora, Malacatos y la quebrada Mendieta que conforman el río Zamora; el segundo lo forman los ríos Senen y Santiago y la quebrada el Sauce que configuran el río Santiago. Este último se une al río San Lucas proveniente de las lomas del Oro y se constituye el río las Juntas, este a su vez se unifica con el Zamora que baja desde la ciudad de Loja y fluye hacia el oriente con el nombre Zamora.

La red hidrográfica del Catamayo también está constituida por dos ramales. En su curso superior se encuentran varios afluentes que generan las quebradas de Mishquiyacu y de San Francisco y el río Campana, estos conforman el río Malacatos. La otra red (Figura 15) es la constituida por la quebrada Yambala y el río Vilcabamba. Estos dos drenes se unen para formar el río Solanda, que fluye desde Yangana y toma varios nombres durante su recorrido hasta consolidarse como río Catamayo.





**Figura 15:** Ríos presentes en la parroquia Vilcabamba (Elaboración propia)

Los ríos presentes en la zona de estudio son: el Vilcabamba y el Solanda, éste último atraviesa a la parroquia de norte a sur.

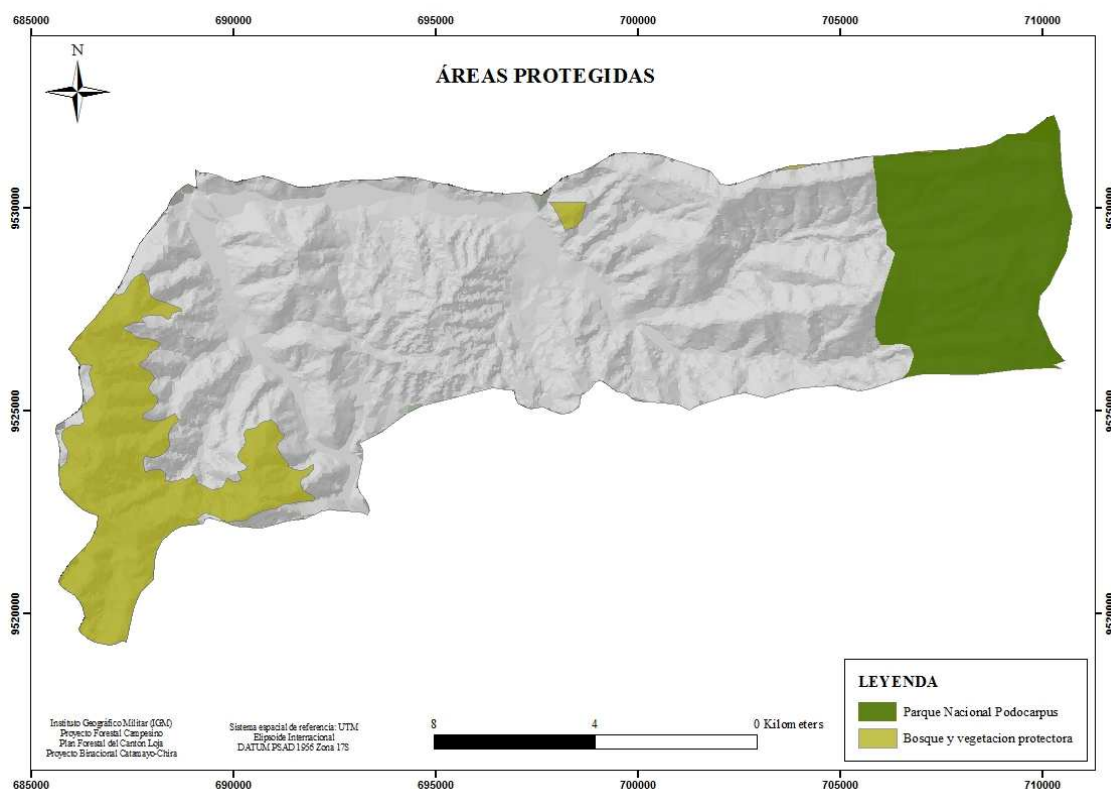
La quebrada Yambala, en la parroquia Vilcabamba, se bifurca en dos: la quebrada de Solomaco y la de Rabadilla de Vaca.

## 2.6 VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO

### 2.6.1 Zonas de vida ecológicas

Para clasificar la vegetación existente en el área de estudio se ha considerado el modelo de zonas de vida ecológicas de Leslie Holdridge (1987), que se basa en determinar las formaciones vegetales en relación con el clima. Cada zona de vida representa un hábitat distinto desde el punto de vista ecológico.

Según el mencionado autor, en el mundo existen 30 zonas de vida diferentes, de las cuales 25 se pueden encontrar en Ecuador, y 16 de ellas en la zona sur del país, lo que da a entender la gran diversidad que alberga la zona. Actualmente las áreas protegidas de la región sur son 46, de las que cabe hacer especial mención al Parque Nacional Podocarpus, tanto por situación geográfica, como por la gran variedad de ecosistemas y biodiversidad de flora y fauna que alberga. En la parroquia objeto de estudio, como se ha mencionado, se encuentra enclavado parte del Parque Nacional Podocarpus, así como algunos reductos de bosque y vegetación protectora (Figura 16).



**Figura 16:** Áreas protegidas en la parroquia Vilcabamba (Elaboración propia).

En la parroquia Vilcabamba, existen fundamentalmente cuatro zonas de vida:

**Bosque húmedo montano (bh-M):** Esta formación es típica de las altitudes entre 2.500 y 3.300 msnm. La topografía sobre la que se asienta este tipo de formación es accidentada, lo que contribuye al mantenimiento casi inalterado de su vegetación. La baja temperatura y la gran humedad de esta zona hace complicado el establecimiento de labores agrícolas, no obstante, se pueden observar algunas áreas destinadas al laboreo.

**Bosque seco montano bajo (bs-MB):** Esta formación representa el 21% del cantón Loja y se asienta entre los 2.000 y 3.000 msnm. La vegetación propia de este bosque ha sido sustituida completamente por agricultura de subsistencia y formaciones de eucaliptos, cipreses y pinos.

**Bosque seco pre montano (bs-PM):** Se asienta en altitudes inferiores a 2.000 msnm y su vegetación típica ha sido prácticamente suprimida debido, en gran medida, al alto grado de erosión de los suelos. En las zonas más altas de esta formación, los habitantes realizan agricultura de subsistencia durante al menos seis meses al año. Muchos pobladores han utilizado esta zona para pastoreo de vacunos y cabras.

**Páramo (P):** La sierra es la única que tiene el privilegio de poseer esta formación típica herbácea. En la zona sur occidental, en la que se encuentra el área de estudio, esta formación se localiza entre los 2.800 y 3.000 msnm, rara vez alcanza alturas superiores. La vegetación del páramo se ha reemplazado mayoritariamente por gramíneas y también por cultivos y plantaciones de especies exóticas.



## 2.6.2 Vegetación natural característica del valle de Loja

La vegetación natural del valle de Loja, se puede extrapolar al valle de Vilcabamba, gracias a su cercanía y a sus características agroecológicas similares. La mayor parte de la vegetación original de estos valles ha sido reemplazada por cultivos y por eucaliptos, por lo que hoy en día, sólo quedan reductos de especies naturales (Tabla 18) en zonas escarpadas y de difícil acceso.

**Tabla 18:** Vegetación natural del valle de Loja (PNUMA, 2007).

Nombre común	Nombre científico
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>
Pumamaqui	<i>Oreopanax rosei</i>
Cashco	<i>Weinmania sp.</i>
Arrayán	<i>Myrcianthes sp.</i>
Guailo	<i>Delostoma integrifolium</i>
Monte de oso	<i>Saurauia sp.</i>
Duco	<i>Clusia sp.</i>
Laurel de cera	<i>Myrica pubescens</i>
Curiquiro	<i>Ocotea sp.</i>
Cucharillo	<i>Oreocallis grandiflora</i>
Romerillo	<i>Prumnopitys montana</i>
Guato	<i>Erytina edulis</i>
Chilca	<i>Baccharis floribunda</i>
Llashipa	<i>Pteridium sp.</i>
Mora de cerro	<i>Rubus sp.</i>
Quique	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>
Joyapa	<i>Cavendishia bracteata</i>
Salapa	<i>Macleania salapa</i>

## 2.6.3 Usos del suelo

El principal uso del suelo de la zona sur es agrícola, siendo sus principales cultivos los de banano, caña de azúcar, maíz, cacao y café, entre otros. Estos cultivos junto con las áreas dedicadas a la ganadería cubren un 43,3% de la superficie total.

Los cultivos más importantes y significativos para la economía de las tres provincias son:

**El banano:** la provincia con mayor producción es El Oro, y dentro de este, los cantones con mayor dedicación a este sector son El Guabo, Machala, Pasaje y Arenillas. Esta provincia representa el 20% de la producción total de banano a nivel ecuatoriano.

**Maíz duro:** los cantones de Pindal, Celica, Puyango, Zapotillo y Paltas, que se encuentran en la provincia de Loja, son los que más producción de este cultivo registran, alcanzando el 12% del total nacional.

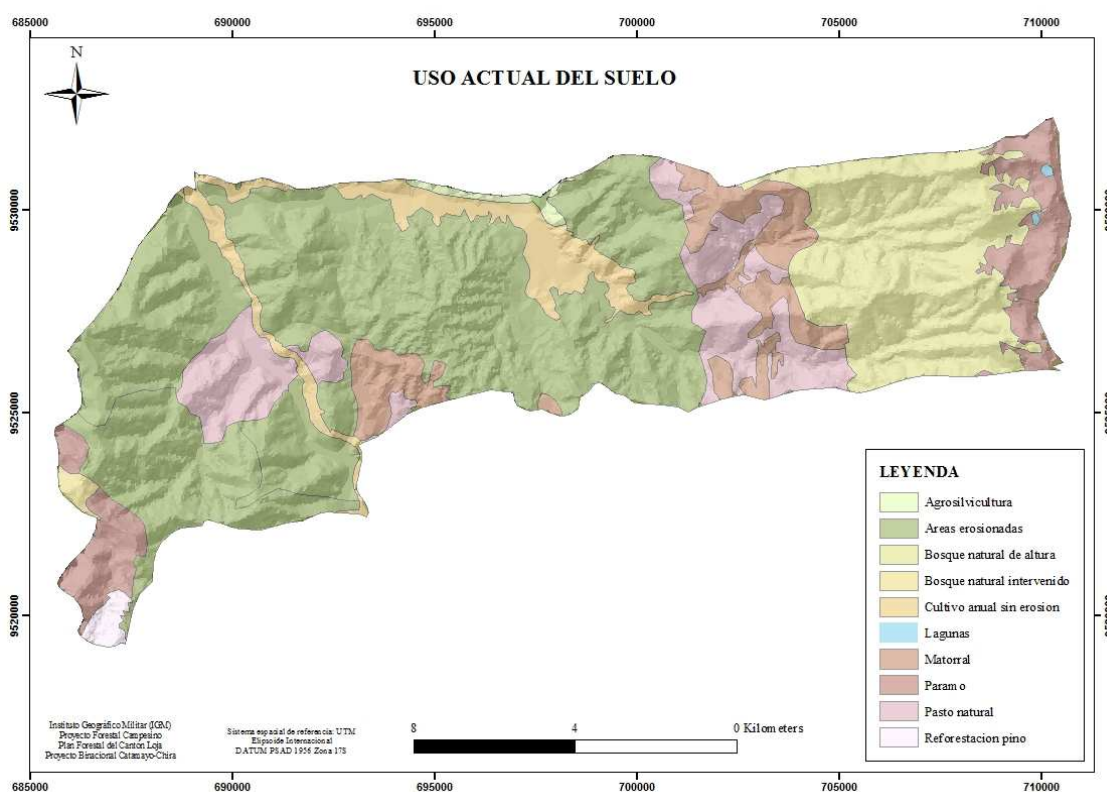
**Maíz suave:** El cantón Saraguro, dentro de la provincia de Loja, es el que reporta mayor producción de este tipo de maíz.

**Arroz:** También es la provincia de Loja, en especial el cantón Macará, el mayor productor de arroz del sur ecuatoriano.

**Caña de azúcar:** Catamayo, Espíndola y Loja son los cantones de la provincia de Loja con mayor producción de este cultivo.

**Café:** La variedad de café arábica es muy importante para la economía del sur de país, en especial para las provincias de Zamora Chinchipe y Loja, cuya representación a nivel nacional es del 18%. En Loja, los cantones más productivos son: Espíndola, Gonzanamá, Quilanga, Puyango, Chaguarpamba y Olmedo; en Zamora Chinchipe son: Palanda, Zumba, Centinela del Cóndor y Yantzaza.

En la Figura 17 se pueden observar los diferentes usos actuales del suelo de Vilcabamba, donde cabe mencionar la elevada superficie erosionada que presenta (casi el 40 %).



**Figura 17:** Uso actual del suelo en la parroquia Vilcabamba (Elaboración propia).

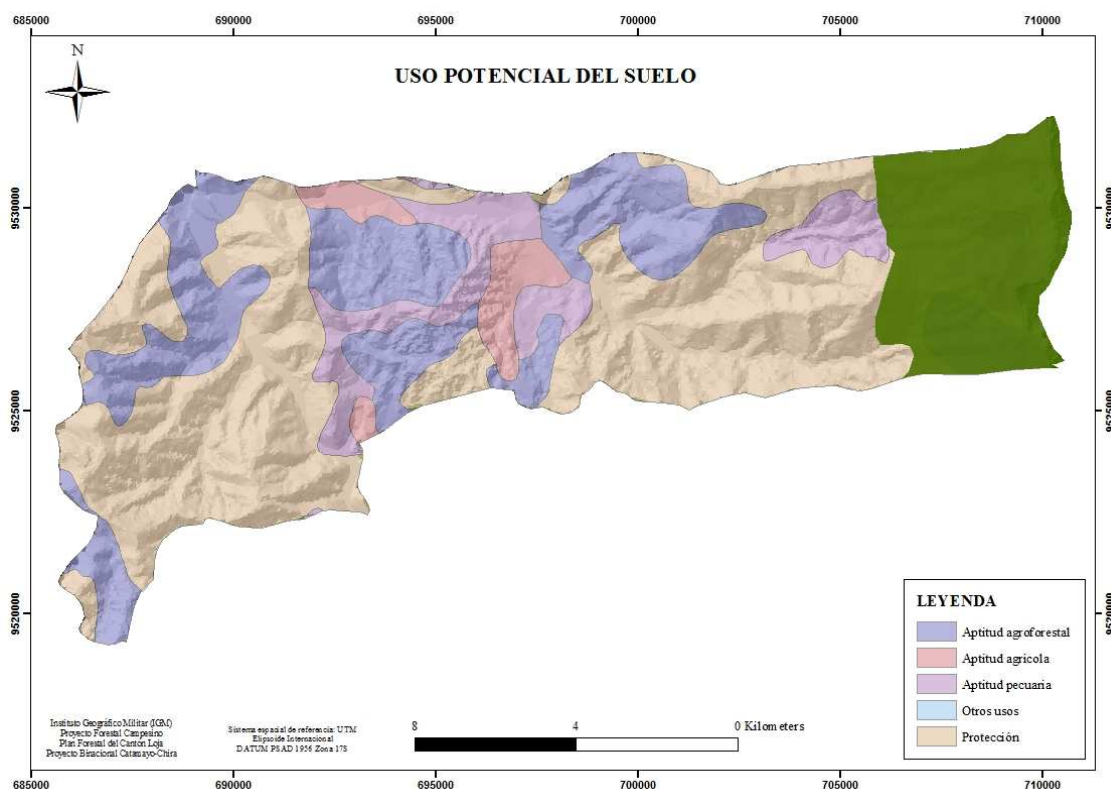
La mayoría de familias de la parroquia Vilcabamba poseen cultivos mixtos, entre los que se encuentran: la caña de azúcar, el maíz y el café. Normalmente, la agricultura que se lleva a cabo en esta parroquia es de subsistencia, aunque en ocasiones también se vende en el mercado local. En relación al cultivo del café, los productores de este valle suelen asociar al cafetal con especies forestales, configurando un sistema agroforestal.

En la reforestación de la parroquia se han empleado especies no originarias de la zona como el eucalipto. Esto es debido, a que a pesar de ser un árbol muy expansivo, es capaz de asentarse sobre pendientes pronunciadas y proporcionar madera a los habitantes de la región.

En la Tabla 19 pueden observarse los diferentes usos actuales y usos potenciales (Figura 18) de Vilcabamba acompañados por una serie de recomendaciones.

**Tabla 19:** Uso actual del suelo y uso potencial del suelo en la parroquia Vilcabamba (HCPL, 2004).

Uso Actual del Suelo	Uso Potencial del Suelo	Recomendaciones
Zonas de bosque natural intervenido y matorral	Clase III: Áreas aptas para cultivos, con pendientes de 16 al 30%, profundidad entre 50 a 74 cm y textura moderadamente ligera arcillo arenosa y franco arcillo arenosa. Aptas para cultivos semiperennes y cítricos.	Prácticas de manejo y conservación, ligadas al control de la erosión mediante rotación de cultivos, y siembra en fajas o surcos en contorno. También es conveniente realizar obras de drenaje adecuadas para la evacuación de aguas de lluvia e impedir las inundaciones.
Zonas de cultivo de caña de azúcar, áreas erosionadas, pasto natural, cultivo anual sin erosión y matorral	Clase IV: Tierras aptas para cultivos, con pendientes entre 30 y 50%, suelos moderadamente profundos, (35 a 44 cm) y textura generalmente arcillosa. Idóneas para cultivos permanentes, así como anuales como caña de azúcar, maíz, frejol, papas, etc.	Tierras que necesitan prácticas de manejo más cuidadosas que la clase anterior. El manejo debe ser destinado a mejorar las condiciones de NPK, mediante cultivos de cobertura, surcos en contorno, etc.
Zonas de bosque natural de altura, matorral y páramo	Clase VI: Tierras no aptas para el uso agropecuario que deben ser destinadas para la explotación de recursos forestales, con pendientes mayores al 50%, profundidad moderada, y textura franca y franco limosa. Idóneas para el café arbolado y aprovechamiento forestal.	Zonas que deben tener protección forestal. En caso de establecer café arbolado se deben implementar medidas de conservación extremas.
Zonas de bosque natural de altura, páramo, matorral, silvopasturas, áreas erosionadas y pasto natural	Clase VII: Tierras marginales para uso agropecuario, con pendientes superiores al 50%, suelos superficiales de aproximadamente 15 cm de espesor, por lo que sus condiciones físicas son muy deficientes. Aptas para reforestaciones con maderables.	Zonas que deben ser destinadas al mantenimiento de los recursos forestales mediante reforestaciones. La tala en estas zonas debe ser racional.
Zonas de bosque natural intervenido, pasto natural y páramo	Clase VIII: Tierras no aptas para el uso agropecuario ni para explotación forestal. Son terrenos muy accidentados, con pendientes superiores al 58%, con suelos muy superficiales menores a 10 cm, lo que da lugar a suelos muy limitados que imposibilitan el asentamiento para fines agropecuarios.	En estas áreas se debe mantener la vegetación natural existente e intentar llevar a cabo reforestaciones con especies nativas de la zona.



**Figura 18:** Uso potencial del suelo en la parroquia Vilcabamba (elaboración propia).

El valle de Vilcabamba tiene gran diversidad de usos del suelo y diferentes formas de trato, como se ha visto en la Tabla 19. Ante todo, se debe tener en cuenta que la conservación y reforestación de los bosques naturales e intervenidos, zonas de matorral y páramo tienen que ser un factor primordial para preservar las especies de flora y fauna de la región. Las áreas con posibilidad de establecimiento de cultivos, el buen manejo de los suelos mediante rotaciones de cultivos, integración de árboles de asocio con los mismos, y sistemas de siembra, fertilización y riego adecuados, contribuirán a disminuir y controlar la degradación que sufre desde hace años la zona.

## 2.7 FAUNA

A pesar de que la dimensión del conjunto de las tres provincias es pequeña, es la zona más biodiversa del país, donde se localizan los valores más altos de diversidad de especies florísticas y faunísticas.

La provincia de Zamora Chinchipe, al encontrarse insertada en la Amazonía ecuatoriana, posee una inmensa riqueza de animales: mamíferos (pumas, jaguares, oso de anteojos, ciervos de cola blanca, lobos andinos, etc.), aves (colibríes, loros, guácharos, halcones, búhos, tucanes, etc.), anfibios y reptiles (diversidad de serpientes y ranas), peces (tilapias, trucha, anguila, etc.), y una infinidad de insectos, muchos de mismos, desconocidos en la actualidad. Parte del Parque Nacional Podocarpus pertenecen a esta provincia, lo que también explica la gran diversidad de aves existentes.

El Oro es una de las provincias ecuatorianas que forman parte de la región litoral. Esta región constituye una reserva natural para muchas aves marinas (las garzas, alcatraces, gaviotas, etc.), además alberga multitud de tipos de peces y mariscos. En sus bosques se pueden encontrar especies como el oso negro y el venado.

La provincia de Loja es mundialmente conocida por su extensa avifauna, gracias a que también aloja al Parque Nacional Podocarpus, que alberga el 40% de la avifauna ecuatoriana y el 6% de la mundial. Dentro de este parque cabe destacar algunas especies endémicas, como pueden ser: Batará de Chapman, Reinita Tribandead, Satador Capuchinegro y Matorralero Coronicastaño, etc. Asimismo, en las zonas altas, en la región de transición del bosque premontano y el Parque Nacional Podocarpus, se asientan especies como el Búho Estigio.

## **2.8 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL**

### **2.8.1 Ámbito nacional**

En la República de Ecuador el cuerpo legal de mayor jerarquía es la Constitución Política del Estado de 1998, a partir de la cual se desprenden un conjunto de leyes, reglamentos, acuerdos, decretos, etc. Los convenios internacionales forman parte del ordenamiento jurídico de Ecuador, y tras la Constitución, se sitúan por encima de las otras leyes y normas nacionales.

La Constitución de 1998 regula ampliamente las materias de trascendencia medioambiental en su sección segunda y en otras normas contenidas en la misma, consagrando el principio fundamental que el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medioambiente sano y ecológicamente equilibrado, declarando de interés público la preservación del medioambiente la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país.

**La Ley de Gestión Ambiental del Ecuador**, de julio 1999, cuyo objetivo, definido en su artículo 1º, queda establecido en “los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia”, es la norma fundamental en la materia medioambiental, y con especial incidencia en actividades agrícolas, pudiendo destacarse los siguientes aspectos, abordados por la misma:

Los principios informadores en la gestión medioambiental, establecidos en el artículo 2º, son los “de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientales sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales”. En relación con el proceso de Gestión Ambiental, la norma establece que el mismo “se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentables, contenidos en Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo”.

La autoridad superior en materias ambientales está atribuida al ministerio del ramo que, en este sentido, corresponde al Ministerio del Ambiente creado el 28 de enero de 1999. El Ministerio del Ambiente tiene como misión: “Dirigir la gestión ambiental a través de políticas, normas e instrumentos de fomento y control para lograr el uso sustentable y la conservación del capital natural del Ecuador, asegurar el derecho de sus habitantes a vivir en un ambiente sano y apoyar la competitividad del país”.

En materia de responsabilidad, la Ley de Gestión Ambiental prevé la posibilidad de iniciar acciones de naturaleza civil, administrativa y contencioso-administrativa, frente a personas y organismos públicos que con sus acciones o negligencias puedan causar daños ambientales, y también la responsabilidad del Estado por cualquier daño ambiental que pueda generar sobre los ciudadanos.

Al respecto, debe destacarse el hecho de que La Constitución ecuatoriana, establece el derecho de particulares, grupos, ONGs, de personarse y plantear acciones judiciales en este tipo de supuestos, aunque no tengan un interés personal en ellas. De conformidad con este principio, el artículo 42 de la Ley de Gestión Ambiental señala que “Toda persona natural, jurídica o grupo humano podrá ser oída en los procesos penales, civiles o administrativos, previa fianza de calumnia, que se inicien por infracciones de carácter ambiental, aunque no hayan sido vulnerados sus propios derechos”.

Una herramienta importante en materia de conservación medioambiental, prevista en el ART. 28 de la Ley de Gestión Ambiental, se refiere a la consulta previa, de conformidad con lo dispuesto por el Art.88 de la Constitución Ecuatoriana, que impide la ejecución de cualquier actividad que entrañe efectos negativos sobre el medioambiente, siendo además una causa de nulidad de contratos.

**Ley de Modernización del Estado, de 28 de diciembre de 1993:** Sobre la base de esta norma, durante los últimos años Ecuador ha emprendido un proceso de descentralización en diversas materias a favor de los gobiernos municipales, no exento de algunos conflictos y tensiones entre estos gobiernos y el gobierno central, proceso sobre el que se prevé una mayor profundización en un futuro, incluyendo materias de naturaleza ambiental.

La idea básica que sobre la que se asienta esta política, es que el contacto directo de los gobiernos municipales con los distintos elementos presentes en su respectiva circunscripción territorial, los convierte en los entes más adecuados para una gestión pública ambiental efectiva, con la participación ciudadana.

En este mismo sentido, la Ley de Gestión Ambiental manifiesta en su artículo 13 que “Los consejos provinciales y los municipios dictarán políticas ambientales seccionales con sujeción a la Constitución Política de la República y a la presente Ley”. La enorme amplitud de funciones atribuidas a los municipios, determina su participación en la totalidad de aspectos relacionados con el medioambiente, por lo que cualquier interesado en realizar una actividad con impacto sobre el entorno, deberá pedir una autorización al municipio.

**Aprovechamiento de los recursos:** En cuanto al uso del suelo, el capítulo V del Reglamento general de la ley de Desarrollo Agrario está dedicado al “Plan de uso, manejo y zonificación de suelos”. La formulación de este plan corresponde al Ministerio de Agricultura y Ganadería, previa consulta y participación de los sectores y organizaciones directamente involucrados. La Ley aclara que: “estos planes no interferirán con los urbanísticos que desarrollen las municipalidades”.

En materia de uso y aprovechamiento de agua, la autoridad encargada del otorgamiento de las correspondientes autorizaciones es el Consejo Nacional de Recursos Hídricos.

**Participación ciudadana:** Finalmente, debe destacarse que en la gestión ambiental en Ecuador se reconoce la participación de personas jurídicas de derecho privado, tales como

corporaciones, fundaciones y asociaciones, como un mecanismo de coordinación intersectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de gestión ambiental y de recursos naturales.

### **2.8.2 La municipalidad del cantón Loja**

El Municipio de Loja ha orientado sus principales recursos y esfuerzos hacia la dotación de sistemas de agua potable, alcantarillado; la construcción, mantenimiento, aseo y reglamentación del uso de caminos, calles, plazas, parques y demás espacios públicos; la recolección, procesamiento o utilización de residuos; el control de alimentos; el ordenamiento territorial y control de construcciones; el fomento turístico; y la planificación, organización y regulación del tránsito y transporte terrestre. Y ello sin olvidar su responsabilidades en materias de educación; la preservación y conservación de bienes patrimoniales culturales y naturales; construcción y mantenimiento de instalaciones deportivas y de recreación; protección del ambiente y levantamiento del catastro urbano y rural.

A partir de 1997 y en el marco del proceso de modernización del Estado iniciado a raíz de la Ley de Modernización del Estado, de 28 de diciembre de 1993, el país ha llevado a cabo un proceso de descentralización, cuyos logros en el ámbito administrativo son limitados y prácticamente inexistentes en los ámbitos fiscal y político. A pesar que la ley establece que no habrá transferencia de competencias sin los recursos correspondientes, esto no está ocurriendo, lo cual, sumado a la excesiva dependencia del presupuesto nacional por parte de los Gobiernos Seccionales Autónomos (GSA), ha dado como resultado una baja capacidad para asumir las competencias que se transfieren en la dinámica de la descentralización.

En este marco, la municipalidad de Loja ha solicitado la transferencia de competencias en los ámbitos de salud, bienestar social, educación, turismo, tránsito y transporte y ambiente. Para la gestión de cada uno de ellos, la municipalidad ha establecido unidades administrativas, en la mayoría de los casos, subordinadas a Direcciones ya existentes.

La Dirección de Planificación es una unidad que tiene la máxima jerarquía en el organigrama municipal, su personal representa el 6% del total. Su función está definida en el sentido de asesorar a la municipalidad en materia de planeamiento y urbanismo, determinar estrategias institucionales, elaborando planes y programas de desarrollo que deben ser evaluados mediante seguimiento de su ejecución.

En el año 2002 el Cabildo sistematizó y codificó el conjunto de ordenanzas y normativas, referidas, entre otros temas a: urbanismo, construcción y ornato; higiene y abasto; vía pública, circulación y transporte y servicios públicos. Sin embargo, la expedición de ordenanzas a través de las cuales se regulan las actividades privadas y públicas que configuran la dinámica socioeconómica local, no constituye una gestión programada. Tampoco existe un cuerpo normativo específico que regule el tema ambiental.

La Dirección Municipal de Ambiente, organizada en cinco Jefaturas, es la encargada de identificar, prevenir, corregir y controlar la contaminación, la protección del ambiente, la conservación y recuperación de ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del cantón.

Aún son débiles los mecanismos de coordinación y comunicación entre la municipalidad y los organismos del sector público directamente relacionados con la gestión municipal y la gestión

ambiental en particular, aunque en los últimos años están mejorando. De la misma manera, las formas de interacción con la población y sus organizaciones, aun contribuyen muy poco a la construcción de ciudadanía; lo cual limita la posibilidad de establecer acuerdos respecto de las principales orientaciones del desarrollo y sobre temas ambientales en particular.

## 2.9 ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

### 2.9.1 Demografía

Según datos preliminares del Censo elaborado por el INEC en 2010, Ecuador alberga a 14.306.876 habitantes, poseyendo la más alta densidad poblacional de América del Sur.

La zona sur objeto de estudio posee aproximadamente 1.144.471 habitantes, donde el 50,42% corresponde al sexo masculino y el 49,58% al femenino. La población de esta zona representa el 8,29% de la población nacional total.

En la provincia de Loja el número de habitantes asciende a 446.743, un 7,57% superior al comparado con el censo del 2001.

El cantón Loja representa el 44,1% del total de la provincia de Loja y se caracteriza por que está constituido por un 45,3% de población joven. Tan solo el 17,1% de la población total del cantón Loja se distribuyen en las 13 provincias rurales que lo conforman, encontrándose el 82,9% restante en las parroquias urbanas (Tabla 20).

En cuanto a la distribución por géneros en el cantón, el 52% corresponde a mujeres y el 47,5% a hombres.

**Tabla 20:** Población del Cantón Loja proyectada al 2006 (INEC, 2001).

PARROQUIAS	TOTAL	PORCENTAJE
Loja	131.383	69,1
Loja (periferia)	26.313	13,8
Chantaco	1.203	0,6
Chuquiribamba	2.524	1,3
El Cisne	1.640	0,9
Gualel	2.298	1,2
Jimbilla	1.187	0,6
Malacatos	6.409	3,4
San lucas	4.409	2,3
San Pedro de Vilcabamba	1.160	0,6
Santiago	1.354	0,7
Taquil	3.455	1,8
Vilcabamba	4.293	2,3
Yangana	1.115	0,6
Quinara	1.362	0,7
Total	190.105	100



Como se observa en la Tabla 20, a la parroquia Vilcabamba le corresponde el 2,3% del total del cantón con 4.293 habitantes, aunque hay que destacar que la información es la proyectada del 2006 con respecto al censo del 2001, por carecer de los datos estimados del Censo del año 2010. Cabe afirmar que según funcionarios municipales, la población de la zona de estudio se podría estimar en superior a los 5.000 habitantes.

### **2.9.2 Migración**

A finales de los años 90, debido a la aguda crisis económica que sufrió el país, muchos ecuatorianos tomaron rumbo a Europa, en especial España. Esto se debió al gran auge económico que experimentaba el país europeo, la compartición del mismo idioma y la poca mano de obra que existía. Las ciudades españolas que concentran el mayor número de ecuatorianos son: Madrid, Barcelona y Murcia. En el año 2005 el colectivo ecuatoriano obtenía el primer puesto entre la sociedad de inmigrantes afincados en España con 600.000 habitantes aproximadamente, según autoridades españolas.

En el año 2006 más de 80.000 habitantes de las tres provincias objeto de estudio emigraron en busca de mejores condiciones de vida. La provincia de El Oro fue la más perjudicada, con un porcentaje de migración del 86%, seguido de Loja con un 12% y por último Zamora Chinchipe con un 2%.

El gran problema que ocasionó la migración en la provincia de Loja fue el abandono del campo. Según un estudio que realizó la Cruz Roja en 2001 en esta provincia, 21.497 padres habían migrado. Las actividades primordiales a las que se dedicaban los migrantes eran la agricultura y ganadería (27,5%), en segundo lugar servicios particulares (19%), seguidos del servicio doméstico y la construcción con un 17,3% y un 12,3% respectivamente.

Debido a la gran problemática ocasionada con motivo de los desplazamientos de población ecuatoriana a España a finales del año 2008, se establece un convenio entre la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Secretaría Nacional del Migrante de Ecuador (SENAMI) llamado “Iniciativas de Inmigrantes en Retorno y Desarrollo (INRED)”, cuyo objetivo es apoyar a los inmigrantes con idea de retorno, para puedan desarrollar negocios vinculados al ámbito rural. Esta iniciativa fomenta el desarrollo local y el empleo del país, y permite asegurar una vida digna a los emprendedores.

### **2.9.3 Etnias**

Existe una diversa cultura indígena en las tres regiones que engloban Ecuador: la sierra, la costa y la amazonía. La mayor parte de estas comunidades se encuentran integradas dentro de la cultura del país, aunque en algunas de ellas todavía practican las costumbres de sus antepasados.

En la región serrana se encuentran las siguientes poblaciones indígenas: Los Palta, Sarakuru, Kañari, Puruwà, Chibuelo, Tomabela, Salasaca, Kisapincha, Waranka, Kitukara, Kayampi, Otalvalo, Karanki, Natabuela y Pasto.

Las comunidades asentadas en la amazonía son: Los Shuar, Achuar, Siona, Secoya, Cofán, Waorani, Zapara, Shiwiar, Andona y Kichuas.

Los pueblos indígenas ubicados en la costa son: Tsachila, Epera, Chachi, Awa, Manta y Wankavilka.



**Figura 19:** Etnias propias de la sierra ecuatoriana (elaboración propia)

En la zona sur de Ecuador la población indígena (Figura 19) representa el 3,28% del total nacional. La etnia mayoritaria corresponde a los Saraguros con un 24,73%, seguida de los Shuar con un 12,33%. La provincia El Oro es la que menor porcentaje indígena refleja, y Loja la provincia con mayor concentración Saraguro ubicada en los cantones Saraguro y Loja. En Zamora Chinchipe, estas etnias se encuentra distribuidas en la mayor parte de sus cantones, siendo Yacuambi, Yantzaza y Centinela de Córdor los cantones con mayor porcentaje Saraguro, y El Panguil, Nangaritza y Yantzaza los que poseen mayor concentración Shuar.

#### **2.9.4 Educación**

De las tres provincias objeto de estudio, las provincias de Loja (59,74%) y El Oro (29,26%) poseen la mayor cantidad de infraestructura educativa y Zamora Chinchipe es la que presenta menor porcentaje (12,85%). En lo referente al analfabetismo, el 5,5% corresponde a la provincia del Oro, siendo la que menor porcentaje muestra de las tres provincias.

En la provincia de Loja la tasa de asistencia en educación primaria y secundaria, desde hace muchos años, se encuentra dentro de la media nacional, sin embargo, en relación con la educación superior, es mayor, hasta el punto que la provincia de Loja se encuentra entre las provincias de mayor cantidad de estudiantes universitarios de todo el país. El 26,79% de la población de la provincia en 2006 se encontraba recibiendo educación universitaria, además, cabe destacar que el nivel educativo superior en mujeres en ese año, era significativamente superior al de hombres (INEC, 2001).

## 2.10 INFRAESTRUCTURAS Y COMUNICACIONES

### 2.10.1 Salud

La mayor parte de infraestructuras de salud de la zona de estudio se encuentran en las provincias de Loja (46,59%) y El Oro (42,51%). La provincia de Zamora Chinchipe cuenta con apenas el 10,9% de las infraestructuras de salud presentes en las tres provincias.

La provincia de Loja alberga 10 hospitales, tres centros de salud, 44 subcentros, 23 servicios de salud comunitarios, 49 dispensarios y 41 puestos de salud.

La parroquia Vilcabamba cuenta con el centro médico llamado Kokichi Otani que funciona desde hace más de 30 años. Aunque sus dimensiones son pequeñas, es un ejemplo de buen funcionamiento y servicio.

### 2.10.2 Vivienda

El déficit de viviendas en Ecuador desde 1998 a 2001 mejoró notablemente, no obstante, al menos el 40% de los hogares ecuatorianos habitaban viviendas en mal estado como consecuencia de la baja calidad de los materiales de construcción y por falta de servicios básicos.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador realizado en el año 2001, existen los siguientes tipos de viviendas (Tabla 21):

**Tabla 21:** Tipos de vivienda en Ecuador (INEC,2001).

TIPO DE VIVIENDA	URBANA	RURAL	TOTAL
Casa o villa	1.387.416	1.123.154	2.510.570
Departamento	293.855	19.171	313.026
Cuarto de inquilinato	182.148	25.070	207.218
Mediagua	99.473	116.912	216.385
Rancho	30.965	77.743	108.708
Covacha	23.558	23.893	47.451
Choza	763	29.404	30.167
Otros	12.221	5.279	17.500
Vivienda colectiva	3.161	1.917	5.078

En el cantón Loja el déficit de vivienda es menor al compararlo con el del resto del país. Según el tipo de tenencia en el cantón, el 51,41% de las viviendas son propias, frente al 40,52% que son arrendadas. En el caso de la parroquia Vilcabamba, el número de hogares es superior a 1.000, donde más de 200 se encuentran en condiciones de hacinamiento. También cabe destacar el gran número de casas o villas existentes en la zona, gran parte, propiedad de extranjeros asentados en la zona.

### 2.10.3 Sistema vial

La red vial ecuatoriana está constituida por: la red vial estatal que son las vías primarias y secundarias, la red vial provincial formada por las vías terciarias y caminos vecinales, y La red vial cantonal que también está constituida por las vías terciarias y caminos vecinales.

La red vial estatal constituye 9.485 km de longitud aproximadamente, y son los caminos que mayor tráfico sostienen. Además son las que comunican las capitales de provincia, las cabeceras cantonales y los puertos importantes. Existen 12 vías principales y 42 vías secundarias en total en el país.

La red vial provincial, formada por carreteras terciarias y caminos vecinales soporta mucho menor tráfico, y su función es conectar las cabeceras parroquiales y zonas productivas con las carreteras primarias y secundarias. Estas vías son gestionadas por los Consejos Provinciales.

La red vial cantonal, gestionada por los Consejos Municipales, también la conforman vías terciarias y caminos vecinales por los que no existe mucho flujo vehicular. Estas vías son las encargadas de conectar las cabeceras parroquiales y zonas de producción con las vías pertenecientes a la red vial estatal.

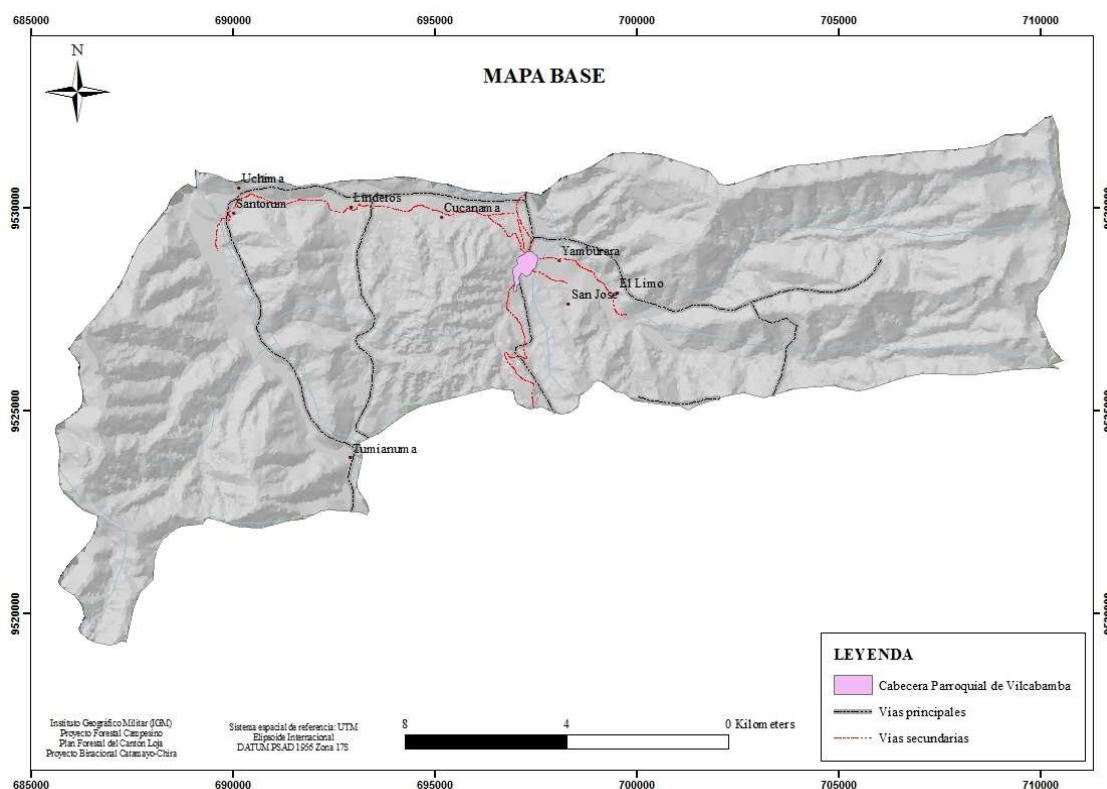
**Tabla 22:** Tipos de vías de la República de Ecuador (MTOP, 2002).

<b>Clasificación de vías</b>	<b>Longitud total (Km)</b>	<b>Total de la red (%)</b>
Vías primarias	5.609	12,98
Vías secundarias	3.876	8,97
Vías terciarias	11.106	25,71
Caminos Vecinales	22.154	51,29
Total	42.745	98,95

El total de la red vial ecuatoriana se aproxima a los 42.800 km (Tabla 22), aunque existen otras vías llamadas caminos locales, no representados en el cuadro anterior, que constituyen el 1,05% del total de la red vial. Sólo el 12% de las vías del país se encuentran pavimentadas, y aproximadamente el 30% de la red es de tierra y se encuentran en mal estado.

Las vías más transitadas, tanto en flujo de personas como para comercio de las tres provincias objeto de estudio son: Machala-Guayaquil (E25), Loja-Cuenca (E35), Loja-Catamayo (E35).

En la provincia de Loja, el cantón Loja es el que mayor número de kilómetros de vía estatal alberga, con un total de 184,41km, además también acoge la mayor red de caminos vecinales y provinciales (599,29 km) de toda la provincia.



**Figura 20:** Mapa base de la parroquia Vilcabamba donde se encuentran representadas las vías primarias y vías secundarias de la zona (elaboración propia).

Las vías primarias que atraviesan la provincia de Loja son: la Troncal de la Sierra (E35), la Troncal de la Costa (E25) y la Transversal Sur (E50). La Troncal de la Sierra transcurre por varias de las ciudades serranas atravesando el valle interandino del país. La Troncal de la Costa pasa por las provincias Pichincha, Santo domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Guayas, El Oro y Loja. Y la Transversal Sur atraviesa las provincias del sur: El Oro, Loja y Zamora Chinchipe.

La vía secundaria Loja-La Balsa (E682) se encuentra situada en las provincias de Zamora Chinchipe y Loja. Esta secundaria nace de la Transversal Sur (E50) en la ciudad de Loja y baja en dirección sur hasta llegar a la parroquia Vilcabamba (Figura 20), posteriormente continua en la misma dirección hasta llegar nuevamente al límite con la provincia de Zamora Chinchipe.

#### 2.10.4 Abastecimiento y acceso al agua

Las provincias de Loja y El Oro se han caracterizado siempre por presentar déficit hídrico, al contrario que Zamora Chinchipe, donde llueve todo el año. En las dos provincias deficitarias, la demanda de agua potable es superior a la oferta, debido al crecimiento poblacional y a las elevadas pérdidas en la red de distribución.

La planta El Pucará, ubicada en la provincia de Loja, fue edificada en 1954 y es la que abastece de agua potable a la ciudad y la que mayor caudal distribuye, generando 658 litros/segundo. También se cuenta con una más moderna, construida en 1995, con cabida para 48 litros/segundo. Además, esta zona tiene otras plantas potabilizadoras de menores

dimensiones en las zonas aledañas a la ciudad. El 72% de las redes existentes son de asbesto-cemento, están bastante deterioradas y sólo cubren el 50% del área urbana.

Las parroquias de Yangana, Quinara y Jimbilla, pertenecientes a la ciudad de Loja, poseen sistemas de captación y conducción deteriorados que necesitan reparación y cambio de tuberías. Las parroquias El Cisne, Gualiel, Vilcabamba y Malacatos, poseen sistemas adecuados, con plantas de tratamientos y redes de distribución aptas.

El agua de la parroquia Vilcabamba es captada de Yamburara alto y del río Yambala, y cubre el 70% del servicio necesario. El caudal de agua potable distribuido en la parroquia es de 15 litros/segundo y su red de distribución está conformada por red de tuberías de asbesto-cemento (UMAPAL, 2001).

### **2.10.5 Suministro y distribución de energía eléctrica**

La provincia de El Oro es la que mayor disponibilidad eléctrica tiene, siendo esta del 95%. Zamora Chinchipe y Loja disponen de un suministro de energía eléctrica del 73,40% y 71,60 respectivamente.

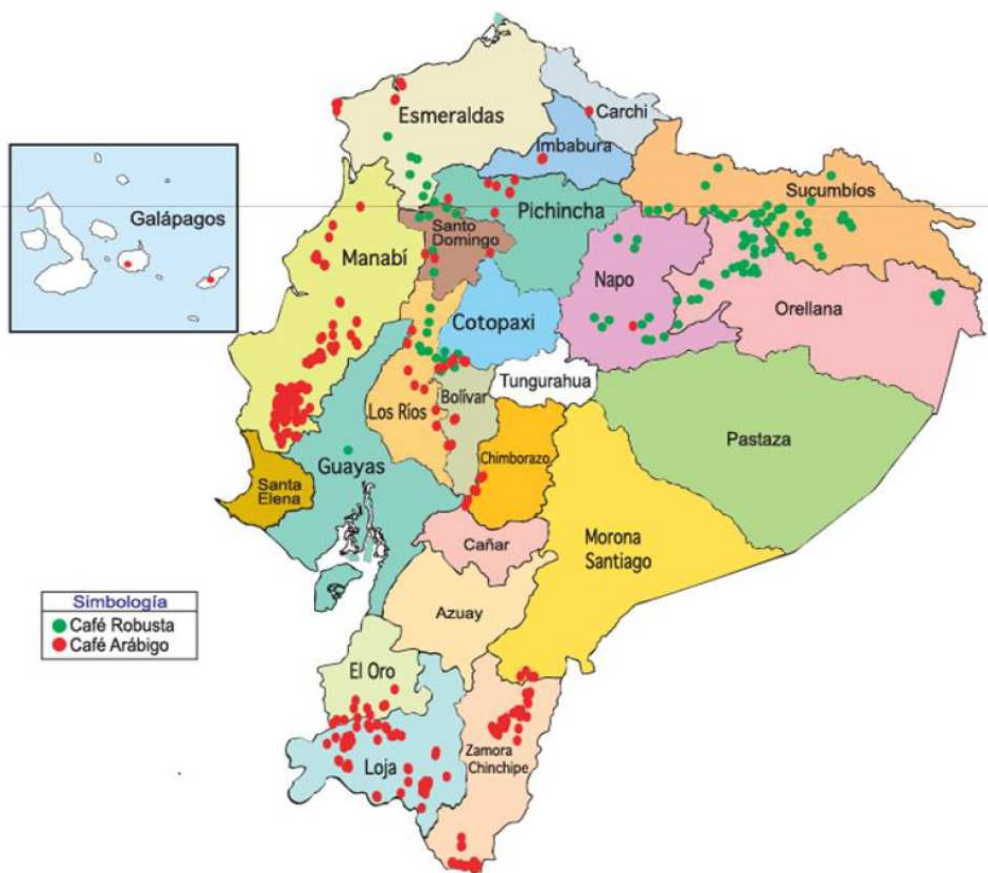
En el cantón Loja, la cobertura de este servicio es muy grande al compararlo al de otros cantones, además es una zona pionera en este sector, debido a que la primera planta de luz eléctrica de Ecuador se instaló en la ciudad de Loja en 1899 (PNUMA, 2007).

A pesar de que en el periodo transcurrido entre los años 1984 y 2001 el número de viviendas en la zona se duplicó, hoy en día la cobertura para este cantón es del 95%. En la parroquia Vilcabamba el 94,26% de los domicilios cuentan con este medio.

## **3. CAFÉ EN ECUADOR**

### **3.1 DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ EN ECUADOR**

Según datos del Censo Agropecuario de 2001, existen 151.900 hectáreas de monocultivo de café y 168.764 hectáreas de café asociado distribuidas por todo el país (Figura 21).



**Figura 21:** Principales zonas cafetaleras de Ecuador (COFENAC, 2011).

Las zonas que producen café arábigo en el país son:

**Manabí-Guayas:** En esta región, el cultivo se realiza en altitudes relativamente bajas, de 300 a 700 msnm. Aunque el café es un cultivo del que se obtienen mayores rendimientos con mayor altitud, en estas provincias su establecimiento ha dado buen resultado.

**El Oro-Loja:** En esta zona el café se cultiva entre los 500 y 2.000 msnm y es una región cafetalera por excelencia.

**Las estribaciones occidentales:** Las plantaciones en esta zona se ubican en la vertiente occidental de los Andes entre los 500 y 1.750 msnm.

**Las estribaciones orientales:** En la zona del norte-centro se cultiva entre 500 y 1500 msnm y en la zona suroriental entre los 1000 y 1.800 msnm.

### 3.2 VARIEDADES DE CAFÉ EN ECUADOR

Las dos principales variedades botánicas cultivadas en el mundo son la variedad arábigo (*Coffea arabica*) y la variedad robusta (*Coffea Canephora*). El arábigo es considerado, por su aroma complejo y su acidez pronunciada, de mayor calidad y por ello, mucho más apreciado en el mercado de cafés especiales. La variedad robusta, en cambio, debido a su gran cuerpo,



amargor y aroma poco complejo, es utilizada para la preparación de cafés solubles, debido a ello, su presencia en el mercado es más limitada (Castro et al., 2004). Ecuador es uno de los pocos países del mundo en el que se cultivan estas dos variedades, cuyos porcentajes en el país son: 62% para el arábica y 38% para el robusta (Ortega, 2003). A nivel mundial el arábica representa el 70% de la producción y la especie robusta simboliza el 30% restante (CORECAF, 2000).

Aunque Ecuador es uno de los pocos países que poseen producción mixta de café, en la zona sur del país sólo se produce café tipo arábica. El café arábica se adapta perfectamente a todos los ecosistemas existentes en el país: Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos. Las principales variedades arábicas cultivadas en Ecuador son (IHCAFE, 2001; ICAFE, 1998): typica, bourbón, caturra, pacas, catuaí, catimor, sarchimor y cavimor.

**Typica o Criollo:** Variedad que proviene de Etiopía y de las primera que se establecieron en América Latina, por lo que presenta mayor adaptación al medio. Posee forma cónica y son de porte alto pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura si se le permite crecer libremente. Posee un único tronco y sus ramas principales suelen ser horizontales, opuestas y en pares alternos, formando con el eje central un ángulo de entre 50° a 70°. Los entrenudos son largos y las hojas son elípticas y alargadas, las apicales nuevas son de color café-rojizo. El fruto es grande y alargado, con un alto rendimiento peso/volumen, producción baja y ciclos productivos bianuales. Esta variedad genera una bebida de muy alta calidad (Figura 22).



**Figura 22:** Variedad typica (elaboración propia).

**Bourbón:** Árboles sembrados por los colonos franceses en la Isla Reunión, a partir de semillas obtenidas en Yemen. Esta variedad se establece casi a la vez que el typica en Brasil, desde donde se distribuye por todo el continente americano. La altura del bourbón y el typica es parecida, considerándose estas variedades como las de porte alto. Las ramificaciones secundarias son abundantes y más verticales que las de typica, aunque su ángulo de intersección con el eje principal es muy similar, próximo a 60°. Las hojas de estos cafetos son onduladas y anchas, los frutos y los granos son de menor tamaño que los del criollo. Su producción es más temprana y uniforme que la variedad typica, además su rendimiento es



bastante superior, siempre y cuando, se realice una poda temprana y la densidad de siembra sea baja.

**Caturra:** Su nombre proviene de la lengua guaraní, que significa “tamaño pequeño” y consiste en una mutación de la variedad bourbón. Se ha hecho popular gracias a su tamaño reducido y a sus grandes producciones. Las hojas son más grandes y anchas que las de la variedad bourbon, las nuevas tienen una coloración verde claro, que mediante una buena fertilización, pueden adquirir un color verde oscuro en la madurez. El ángulo que forman las ramas primarias con el eje central se asemeja más a la variedad typica, siendo este menos agudo que el de la variedad bourbón. Los entrenudos son bastante cortos en comparación con el typica, y las ramificaciones secundarias, abundantes y compactas. Presenta muchas inflorescencias por axila y muchas flores por inflorescencia. A pesar de ser plantas de porte pequeño, si se tiene en cuenta esta característica, se puede concluir que esta variedad es de producción alta. A nivel individual las plantas de bourbón producen más, pero por unidad de área, puede ser que la plantación de caturra produzca más, ya que necesita menor distancia de siembra para su buen establecimiento (Figura 23).



**Figura 23:** Variedad caturra (elaboración propia)

**Pacas:** Se originó gracias a una mutación del bourbón en El Salvador. Sus características agronómicas y de producción son parecidas a la variedad caturra. Es de tamaño pequeño, entrenudos cortos, follaje abundante como el caturra. Sus hojas son grandes, anchas y de color verde oscuro, y su fructificación es temprana. Del eje principal o tallo emanan gran cantidad de ramas secundarias, lo que le proporciona un aspecto compacto. Su sistema radicular está muy desarrollado, lo que le permite resistir a épocas largas de sequía, elevadas temperaturas y suelos con poca capacidad de retención de agua. Se adapta mejor en altitudes de 500 a 1.000 msnm, ya que, por encima de esta altitud, su crecimiento vegetativo se ralentiza, disminuyendo la producción.

**Catuaí:** Esta variedad resulta del cruzamiento de las variedades caturra y mundo novo, generando las variedades catuaí amarillo y catuaí rojo. Es una planta muy resistente y de porte bajo, aunque es más alta y menos compacta que la variedad pacas y caturra. Las ventajas de

esta variedad son muchas: buenas condiciones productivas, ramificación abundante, entrenudos cortos, precocidad para entrar en producción, fácil adaptabilidad a diferentes ambientes y tolerancia a zonas de altura, aunque la poca uniformidad y tardanza en la maduración en zonas altas se consideran un inconveniente.

**Catimor:** Consiste en un cruce entre el híbrido timor (especie no cultivable y resistente a la roya del café) y caturra. Es un café de gran interés ya que tiene resistencia a treinta especies de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), hongo característico de la caficultura andina, además posee buenas características agronómicas. Las características más representativas de esta variedad son: alto rendimiento, bajo porte, tronco de grosor intermedio, gran número de ramas laterales que conforman una copa vigorosa y compacta, y buena calidad de la bebida. El catimor se ha adaptado perfectamente en toda Sudamérica y Centroamérica.

**Sarchimor:** Variedad que proviene de cruzar el villa sarchi y el híbrido timor con el objetivo de transmitirle al villa sarchi genes de resistencia a la roya. Es una planta de porte bajo, pero muy desarrollada y vigorosa. Posee un follaje abundante y frutos grandes. Se ha registrado incidencia de mancha de hierro y de ojo de gallo en esta variedad.

**Cavimor:** Variedad resultante del cruce entre el híbrido timor y catuaí. Consiste en una variedad de bajo porte que presenta resistencia a la roya del café y altos rendimientos.

### 3.3 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ

Los factores que inciden sobre el crecimiento y producción de este cultivo son: Altitud, temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar y viento.

La altitud óptima para el cultivo del café se localiza entre los 1.200 y 1.700 msnm, sin embargo, en Ecuador, en la región costa, los cafetales se han llegado a establecer desde los 300 msnm con buenos rendimientos aunque, no con el cuerpo, acidez y aroma típicos de las zonas más altas. Asimismo, en las zonas de altitud superior a los 1.700 msnm también se han implantado con buenos resultados.

La temperatura es el componente más interrelacionado con el crecimiento del árbol, con temperaturas bajas el árbol se desarrolla lentamente, por lo que el fruto también; por el contrario, con temperaturas elevadas, el nacimiento de los frutos es muy rápido y se producen anomalías en las flores, además la incidencia de plagas y enfermedades es mayor. La temperatura media óptima adecuada para los cafetales se ubica entre los 15 a 24°C, permitiéndose una oscilación diaria de 10°C. Según el estado fenológico, los requerimientos de temperatura pueden variar, ya que, en la germinación, es conveniente temperaturas cercanas a los 24°C para que de este modo la semilla germine en tres semanas, mientras que con temperaturas de 15°C puede llegar a tardar hasta tres meses.

El rango de precipitaciones óptimas para el café varía desde los 1.000 a 3.000 mm, por lo que es una especie adaptada a diferentes regímenes de lluvia, aguantando incluso épocas no muy prolongadas de sequía. En cuanto a la distribución anual de lluvias se recomienda que haya un rango de entre 145 a 245 días lluviosos. Los periodos sensibles a una ausencia de lluvia se encuentran comprendidos, durante el rápido crecimiento del fruto y durante la maduración. También, cabe destacar que el café requiere de un periodo seco de entre tres y cuatro meses para el crecimiento de la raíz, desarrollo las ramas secundarias y hojas, emergencia de las flores y maduración de los frutos.

En cuanto a la radiación solar, el agente que más influencia tiene sobre el cultivo del café es la irradiación o intensidad lumínica. Un exceso de irradiación provoca una reducción de la fotosíntesis, en cambio, una falta de la misma, implica una mayor incidencia de plagas y enfermedades, así como problemas de maduración y recolección.

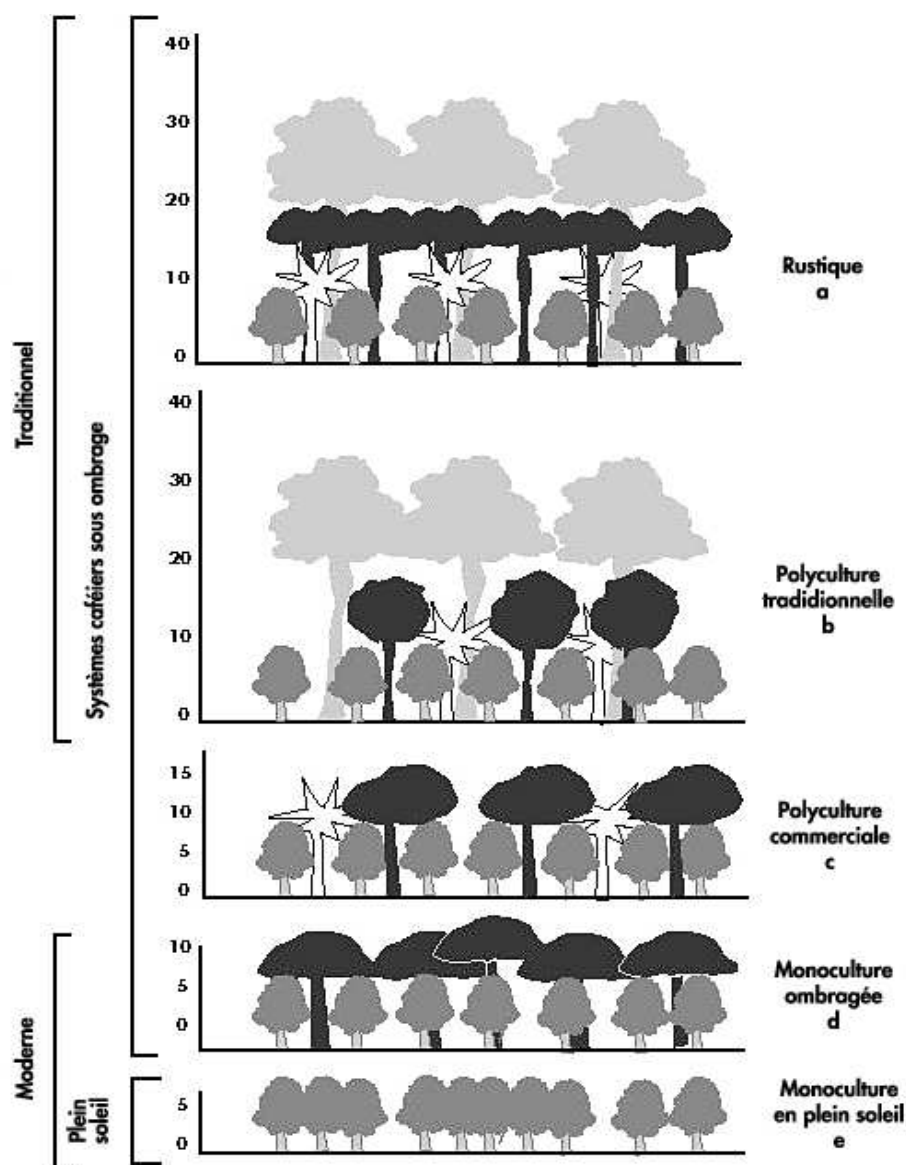
La humedad relativa interviene en gran medida en el desarrollo sanitario del cafeto y en el crecimiento vegetativo. Se considera como óptimo las humedades entorno al 70-85%, considerando que las superiores al 85% disminuyen la calidad del café y favorecen el desarrollo de hongos y enfermedades (ICAFE, 1998).

El viento es un componente que puede afectar en gran medida al cultivo del café, ya que, vientos fuertes pueden dañar el tronco, las hojas y las yemas, y propiciar la incidencia de enfermedades. Según Christiansen (2004), el umbral de velocidad para no producir daños físicos y fisiológicos al cafeto es de 20 a 30 km/h.

### **3.4 CONDICIONES AGRONÓMICAS PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ**

#### **3.4.1 Sistemas de manejo de un cafetal**

En función de la diversidad y complejidad, existen cinco categorías para clasificar a los sistemas cafetales (Figura 24): el sistema tradicional o rústico **a)**, donde los cafetos se establecen bajo un bosque ya existente; el sistema de policultivo tradicional **b)** en el que el cafeto se cultiva bajo una sombra forestal menos densa, normalmente enriquecida con especies forestales de alto valor medicinal; el sistema de policultivo comercial **c)**, en el que predominan bananeros y árboles frutales; el sistema bajo sombra especializada y fuertemente controlada **d)**, asegurados por una o dos especies forestales, por norma general leguminosas, y el monocultivo **e)** en el que la sombra está totalmente eliminada. (Moguel y Toledo, 1999).



**Figura 24:** Representación de las cinco grandes clases de sistemas cafetales (Moguel y Toledo, 1999).

El establecimiento de un sistema de cultivo bajo sombra o expuesto a radiación solar depende en gran medida de las condiciones climáticas y edáficas de la zona. En países como Hawai y Brasil, donde las condiciones climáticas para el café son muy favorables, este se cultiva sin sombra. En Ecuador donde las condiciones agroclimáticas se caracterizan por veranos con prolongados déficit hídricos, intensa radiación solar y fragilidad de los suelos, hace indispensable la práctica del manejo y establecimiento de sombríos tanto transitorios como permanentes en el cultivo del café (CORECAF, 2000).

Por norma general, establecer un monocultivo de café conlleva a una menor incidencia de plagas y enfermedades, y una menor competencia por el agua y los nutrientes; sin embargo estos sistemas requieren una gran cantidad de insumos con el fin de maximizar la producción y están asociados directamente con la degradación del suelo y contaminación ambiental. El cultivo de café a plena exposición solar necesita unos mayores gastos para su manejo, por

ello, el productor está sujeto a más riesgo debido a la alta variabilidad de los costos de producción y a la inestabilidad del precio del café en el mercado internacional (Beer et al., 1998).

Muchos autores han comentado las enormes ventajas de la vinculación cafetal-arbolado, no sólo por las ganancias directas que proporcionan los árboles asociados (frutos, leña, madera) si no porque asimismo, contribuye con la sostenibilidad ecológica, financiera y social de dicho sistema (Muschler, 2000). El establecimiento del sombra en el cultivo del café regula la floración y la maduración del fruto, fomenta el desarrollo de las ramas primarias y secundarias aumentando la capacidad productora de la planta, aumenta la disponibilidad de humus y nutrientes, reduce la incidencia de radiación solar y la acción erosiva por lo que contribuye en la conservación de suelos, regula la humedad del suelo aumentando la capacidad de absorción e infiltración de agua en el suelo, aminora las situaciones de estrés (sequías, heladas) por lo que prolonga la vida útil del cafeto (Fischersworring y Robkamp, 2001).

Gracias a la necesidad creciente a nivel mundial de establecer sistemas de producción económicamente y ecológicamente sostenibles que contribuyan a conservar los recursos naturales y frenar el avance de la frontera agrícola sobre los bosques vírgenes, se viene fomentando la implantación de sistemas agroforestales que combinan la producción agrícola con la forestal dentro de un mismo sistema de producción; uno de los cultivos que se presta de forma ideal para este tipo de producción es el café.

### **3.4.2 Topografía del terreno**

El cafeto es una planta rústica, por ello, se puede adaptar fácilmente a condiciones topográficas desfavorables que para otros cultivos sería imposible. La importancia de la topografía radica en otros factores que si pueden influir en la toma de decisión del establecimiento del cultivo, como por ejemplo: la posibilidad de mecanización, si son suelos propensos a sufrir erosión superficial, si es posible el transporte dentro y fuera de la finca, si son suelos con capacidad de retención de agua de lluvia.

Ciertamente, los suelos ligeramente ondulados y planos son mejores para el cultivo del café, ya que, suelen ser suelos más profundos y su capacidad de retención de agua y nutrientes es mayor, al no sufrir pérdidas de agua por escorrentía y por lo tanto, menos procesos erosivos.

### 3.4.3 Características físico-químicas de los suelos

Las propiedades físico-químicas de los suelos condicionan el desarrollo de la raíz y la disponibilidad de los elementos minerales, y por lo tanto, la capacidad de asimilación y uso de nutrientes y agua (ICAFE, 1998).

**Propiedades físicas:** Los suelos adecuados para el cultivo del café deben ser profundos, permeables y de buena textura. Los suelos arenosos, sueltos, que no retienen humedad, no son adecuados, así como tampoco lo son los suelos compactos, arcillosos y de escaso drenaje.

Por ello, las propiedades físicas adecuadas para el cultivo del café son (Tabla 23):

**Tabla 23:** Propiedades físicas del suelo adecuadas para el cultivo de café (ICAFE, 1998).

<b>Textura</b>	<b>Estructura</b>	<b>Profundidad efectiva</b>	<b>Drenaje</b>
Media o limosa	Granular	> 50 cm	Medio

**Propiedades químicas:** Para el correcto crecimiento del cafeto es necesario que exista una disponibilidad de nutrientes adecuada, también que tengan sistemas de amortiguamiento que regulen la concentración de los nutrientes como la materia orgánica. El déficit de materia orgánica, la acidificación, el aumento de la solución de hierro y aluminio, y la presencia de arcilla de baja actividad, contribuyen en la reducción de la fertilidad de los suelos.

La Tabla 24 muestra los porcentajes de calcio, magnesio, hidrógeno, potasio y microminerales de un suelo equilibrado para el cultivo del café.

**Tabla 24:** Equilibrio óptimo de cationes en el suelo de un cafetal (Guerrero, 1980).

<b>CATIONES</b>	<b>RANGO (%)</b>
<b>Calcio (Ca)</b>	60-75
<b>Magnesio (Mg)</b>	12-20
<b>Hidrógeno (H)</b>	10-15
<b>Potasio (K)</b>	3-7
<b>Microminerales (Fe, Mn, Zn, Cu, Na, Mo)</b>	5

Por norma general, las propiedades físicas suelen cumplirse con más facilidad que las condiciones químicas (Tabla 25), debido a que muchos suelos presentan problemas en cuanto a pH, materia orgánica y macronutrientes.

**Tabla 25:** Condiciones medias para las características de fertilidad de un suelo (Valencia y Bravo, 1975).

PARÁMETROS	CONDICIONES ADECUADAS
pH	5,5-6,5
Materia orgánica (%)	2-5
Potasio (meq/100g)	0,3-0,7
Calcio (meq/100g)	1,6-4,2
Magnesio (meq/100g)	0,5-1,4
Relación K:Ca:Mg	1:6:2
Nitrógeno (%)	>3
Fósforo (ppm)	6-14

### 3.4.4 Flora asociada al cultivo del café:

En Ecuador, por norma general, el café se ha cultivado asociado con otras plantas, aunque, algunos agricultores están optando por el monocultivo, a pesar de los beneficios que generan los sistemas asociados. Los sistemas agroforestales, si se manejan de forma adecuada, pueden modificar el ambiente del cultivo contribuyendo al aumento de nutrientes y materia orgánica. Esta diversificación de sus parcelas, además de propiciar la dispersión de flora y fauna beneficiosa, permiten reducir costes de producción y aumentar los ingresos, a la vez que permite una reducción de los riesgos económicos propios de un monocultivo, altamente sensible a las oscilaciones de los precios de un único producto.

En la provincia de Loja, esta práctica de cultivo es una tradición muy antigua empleada por los agricultores de los diferentes cantones, y su objetivo primordial es proteger al cultivo de café de las condiciones climatológicas adversas de la región.

**La sombra transitoria:** es aquella que se implanta junto con el cultivo en los periodos iniciales, y permanece junto a este, hasta que la sombra permanente produzca el sombrío adecuado para el café, y el mismo entre en producción. Es importante que en la elección de especies para este tipo de sombra se tengan en cuenta aquellas que sean productivas y que generen ingresos, ya que en ese periodo el productor no recibirá ingresos del cafetal. La especie más utilizada para el establecimiento de este tipo de sombra en Ecuador es el banano, aunque la higuera, la leucaena y tephrosia son también una buena opción gracias a su crecimiento rápido.

**El banano (*Musa spp.*):** Planta originaria del sur de Asia, que en la actualidad se cultiva en todos los países tropicales. En 1940 comenzó su cultivo en Ecuador, y al poco tiempo se convirtió en la primera fuente de divisas del país. Aunque las restricciones europeas y estadounidenses son muy estrictas, Ecuador es el primer exportador de banano a la Unión Europea y el segundo a los Estados Unidos.

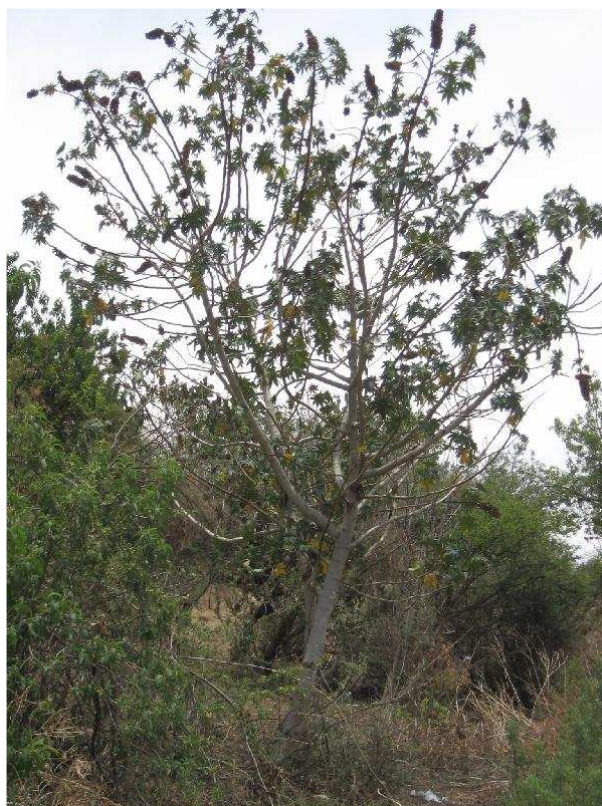
El rápido crecimiento de esta especie permite generar sombra al café durante los dos primeros años, además genera altos ingresos para el agricultor, que tendrá que esperar al menos dos años a que el cafetal entre en producción.

La problemática de esta asociación se debe a la sombra irregular que le aporta el banano al café, la competitividad que puede llegar haber entre estas dos especies, y que, en caso de



fuertes tormentas, el banano es susceptible a desplomarse pudiendo producir graves consecuencias a los cafetos.

**La Higuerilla (*Ricinus communis*):** Planta proveniente de Etiopía, que posteriormente fue introducida en Asia y la India. Es en América tropical, en el siglo XVI, donde comienza a utilizarse el aceite de higuerilla como purgante. El aceite que desprenden las semillas de higuerilla sirve para elaborar muchos productos industriales como: pinturas y barnices, productos farmacéuticos y cosméticos, aceites lubricantes y líquido de frenos.



**Figura 25:** *Ricinus communis* (Lecema, 2004).

Las cualidades más importantes la higuerilla (Figura 25), y gracias a las cuales es seleccionada como sombra transitoria son las siguientes:

Es un cultivo que presenta muy poco riesgo de inversión, debido a que sus costes de producción son bajos, se adapta fácilmente a distintos tipos de suelos y climas, y además posee gran resistencia a enfermedades y plagas.

Necesita poca agua y aporta cobertura al suelo, por lo que es una especie perfecta para su establecimiento en suelos degradados.

Su establecimiento no desplaza a otros cultivos ni a los bosques nativos, y genera producción a los cinco meses de su implantación.



Las ventajas de implementar esta asociación son muchas, pero hay que tener en cuenta que el manejo de la higuera no es complicado hasta los tres primeros años de vida, posteriormente, puede alcanzar los 4 metros de altura, por ello es aconsejable su retirada antes de ese periodo.

**Leucanea (*Leucanea spp*):** Es una leguminosa originaria de México, de alto valor nutritivo, y considerada como forrajera de alta palatabilidad. Es una de las 200 leguminosas arbóreas que se emplean en sistemas agroforestales como forraje.

Leucanea (Figura 26) posee gran importancia en la alimentación pecuaria, porque, además de producir forraje de alta calidad, que hace que sea consumido rápidamente por el ganado, se recupera rápidamente del pastoreo, además soporta perfectamente los periodos de sequía.



**Figura 26:** Árbol de Leucanea (HEAR, 2009).

Como negativo, cabe destacar, la susceptibilidad que posee al ataque de bacterias y hongos, lo que ocasiona una disminución de la producción y de la calidad del forraje durante la etapa productiva, lo que limita el uso de esta leguminosa.

**Tefrosia (*Tephrosia vogelii*):** Es muy común en África y se estableció en India, Indonesia, Vietnam, Malasia y Jamaica como abono verde. Pertenece a la familia de las leguminosas y uno de sus usos, es el de sombra temporal en plantaciones de café.



**Figura 27:** Flor de *Tephrosia vogelii* (NRI, 2010).

Los beneficios de tephrosia (Figura 27) son múltiples, y cabe destacar, el mantenimiento de una humedad en el suelo adecuada, previniendo la evapotranspiración en las épocas secas, ya que su sombrío es superior al de otras especies comestibles como el banano.

En comparación con otros sistemas de sombra transitoria, mediante esta asociación, se consigue rendimientos de café mayores. El uso de esta especie conlleva un menor uso de pesticidas, ya que este sombrío permite que haya menor incidencia de ojo de gallo (*Mycena citricolor*), además, a partir del segundo año, se requiere de menor uso de herbicidas, ya que, la biomasa de las podas cubre el suelo, lo que favorece el reciclado de nutrientes y el desarrollo de la microfauna en él.

Los inconvenientes de la introducción de esta especie se deben al incremento de la mano de obra, pues hay que realizar dos podas al año, aunque sin el uso de tephrosia, hay que realizar tres deshierbes anuales o aplicar herbicidas. Para la adecuada introducción de esta planta, se deben de realizar dos deshierbes el primer año, y a partir del segundo, las dos podas anuales. Otra desventaja de este sistema es el aumento de la incidencia de hongos en las zonas de poca incidencia de radiación, que podría disminuir la calidad y producción del cafetal.

Además de las especies mencionadas, en Ecuador se utilizan muchas otras (papayeros, aguacateros, planta de maíz, etc.) dependiendo de la zona y del interés de productor (Figura 28).



**Figura 28:** Cultivo de café bajo sombra transitoria de papayeros (izquierda) y planta maíz (derecha) (elaboración propia).

**La sombra permanente:** es aquella que se introduce para proteger al cultivo de café del exceso de radiación y luminosidad, de los veranos secos y vientos fuertes de forma definitiva. En Ecuador los terrenos son muy accidentados por lo que hay que elegir especies de sombra permanente que conserven el suelo.

Este sombrío debe permitir que la entrada de luz sea la adecuada para que el cafeto pueda realizar la fotosíntesis, además debe posibilitar la circulación de aire dentro del sistema. En Ecuador, algunas de las especies utilizadas para el establecimiento de sombra permanente son:

**Guabo o guaba (*Inga spp.*):** Pertenece a la familia de las leguminosas y es originario de Centroamérica y el Caribe, donde es utilizado como árbol de sombra. Es una especie que se adapta fácilmente diferentes condiciones edáficas y su crecimiento es rápido.

Al igual que la mayor parte de las leguminosas, el guabo tiene la capacidad de fijar nitrógeno, elemento fundamental para el desarrollo de las plantas, lo que permitiría disminuir el uso de fertilización química. Además, su constante caída de hojas proporciona al suelo cobertura vegetal, que posteriormente, gracias a la descomposición de la misma, se generará materia orgánica, lo que contribuye de gran manera a la fertilidad y protección de suelos. Otro beneficio que se obtiene de esta asociación, son los exquisitos frutos que se obtienen de algunas especies del guabo, estos se encuentran en el interior de una vaina compuesta por semillas algodonosas (Figura 29).





**Figura 29:** Fruto del guabo (elaboración propia)

Una desventaja de implementar este sistema, son las prácticas de manejo necesarias para que el guabo proporcione la sombra adecuada, debido a que es un árbol que puede llegar a medir 10 m y posee una copa muy frondosa, no obstante, la leña que se obtienen de las podas es reconocida por los productores como de gran calidad, además de ella se puede obtener carbón si así se quiere.

**Laurel (*Cordia alliodora*):** Se suele ubicar en la transición entre el bosque seco y el bosque húmedo tropical y es originaria de América tropical. Se distribuye desde el centro de México hasta Brasil, pasando por Ecuador, Bolivia y Perú. En regiones secas puede llegar a medir hasta 30 m, y en zonas más húmedas con suelos fértiles puede aproximarse a los 40 metros de altura.



**Figura 30:** Sistema agroforestal conformado por Laurel y cafetos (REHAB iniciativas, 2010).

Esta especie ha empezado a cobrar valor en programas de reforestación en Ecuador en zonas degradadas de selva y áreas secas de la región. En sistemas agroforestales (Figura 30) se aclimata muy bien con cultivos agrícolas, utilizándose en muchas ocasiones como sombra para plantaciones perennes como el café.

Como ventajas que aporta el laurel, cabe destacar: La cobertura de hojarasca que le proporciona al suelo, contribuyendo a la fertilidad y al control de la erosión. Es muy resistente a vientos fuertes, a la sequía, y a plagas y enfermedades. Como maderable, tiene muy buena consideración en la industria artesanal y de construcción, por lo que es muy cotizada en el mercado. Además se utiliza como especie forrajera, sus hojas y semillas como medicamento, y es una especie productora de etanol. La gran producción de flores del laurel ha ocasionado que en muchas zonas se utilice para la elaboración de miel.

Las desventajas del laurel también son varias, pues es una especie bastante invasora, sensible a inundaciones, a suelos muy ácidos, a daño por epífitas, por insectos en las hojas, raíz y tallo, y por hongos en las hojas y raíz.

**Cedro (*Cedrela odorata*):** Es originario de América tropical y las zonas de vida en las que se ubica son los bosques húmedos y secos tropicales. Perteneciente a la familia de las Meliáceas y en suelos profundos y fértiles puede alcanzar los 40 m de altura (Figura 31).



**Figura 31:** Bosque de *Cedrela odorata* (Navarro, 1997).

Se suele establecer a altitudes superiores de 1.500 msnm, ya que si no la incidencia de *Hypsipyla grandella* (larva de la palomilla) es superior al 90%, lo que provoca que las plantas jóvenes de cedro no alcancen el desarrollo suficiente, debido a que este insecto produce daños severos a varias estructuras del árbol, pero en especial, al brote principal encargado de la ramificación.

Estudios realizados en Costa Rica afirman que los cafetales proporcionan a *Cedrela* un medio adecuado para su correcto establecimiento y desarrollo, y también permiten que el cedro resista mejor el ataque de *Hypsipyla*.

Entre las utilidades de esta especie, la más común es, la producción de una madera liviana de gran calidad utilizada en la industria de la construcción y en la elaboración de muebles.

**Poró (*Erythrinna poeppigiana*):** Leguminosa originaria de los bosques cálidos y húmedos de Venezuela y Colombia. Se distribuye desde Panamá hasta Bolivia, pudiendo alcanzar una altura de entre 20 a 30 m. Sus flores son muy vistosas, con cinco pétalos de color naranja (Figura 32).

Se suele establecer entre los 600 y 1.700 msnm, aunque en algunas ocasiones se puede encontrar en altitudes más bajas. Tolerancia bien las épocas lluviosas y también la sequía moderada.



**Figura 32:** Cafetal asociado con Poro en Costa Rica (Wikipedia, 2010).

Es una especie muy bien considerada para su uso en sistemas agroforestales, como sombra en cafetales, debido a que contribuye al adecuado crecimiento y producción del café. Es un árbol que fija nitrógeno y produce gran cantidad de hojarasca evitando la pérdida de suelo y generando fertilidad. Proporciona una sombra homogénea y fácilmente manejable mediante podas adecuadas. En comparación con otras especies maderables utilizadas para el sombrío del café, el poró genera mayor cantidad de biomasa.

Entre las utilidades más importantes de esta leguminosa, la leña y el forraje altamente proteico son los usos principales.

**Faique (*acacia macracantha*):** Especie distribuida por toda Latinoamérica, y muy común en los valles interandinos ecuatorianos. Las zonas de vida en las que se encuentra esta especie son: el bosque seco tropical (bs-T), bosque seco premontano (bs-PM) y bosque seco montano bajo (bs-MB). Aunque en suelos fértiles y poco accidentados el faique se desarrolla rápidamente, en suelos pobres y de pendientes pronunciadas también crece.





**Figura 33:** Inflorescencias y ramificaciones de *acacia macracantha* (Plantes & Botanique, 2008).

Consiste en un árbol caducifolio de copa amplia, que puede llegar alcanzar los 12 metros de altura. Posee un amplio rango de distribución altitudinal, encontrándose desde el nivel del mar hasta los 3.000 metros.

Leguminosa de gran valor económico gracias a su utilidad como especie forrajera y a su madera para la industria de la construcción. Contribuye a la mejora de suelos empobrecidos debido a su capacidad de fijar nitrógeno. Además se utiliza como especie ornamental y de sombra. Por la cantidad de flores que produce, también tiene gran repercusión en la apicultura (Figura 33).

*Acacia macracantha*, en la actualidad, constituye una de las especies utilizadas en reforestaciones, pues mejora y conserva suelos degradados.

La elección de las especies de sombra transitoria y permanente depende de cada país, e incluso, en el caso de Ecuador, de la región, pues cada zona tiene sus especies adaptadas y cultivos productivos. Lo conveniente es usar especies que generen un ambiente adecuado para el cafetal, proporcionen un sustento más para el productor y permitan reforestar zonas explotadas por la agricultura y ganadería.

### 3.4.5 Avifauna asociada a especies forestales

La avifauna está totalmente relacionada con la abundancia de árboles, por lo que el establecimiento de sistemas agroforestales contribuye al asentamiento, y por ello, protección de aves. Las zonas dedicadas a monocultivos, al no albergar recursos alimenticios ni de hospedaje para las aves, suelen ser sistemas bastante pobres en este sentido.

Ecuador es uno de los países con mayor diversidad avifaunística del mundo. El 20% de su región se ha considerado como zonas protegidas para las aves, y son estas las que contienen el 70% del total de la avifauna del país.

El Estado ecuatoriano ha creado un sistema nacional de Áreas Protegidas (SNAP), que protege casi el 20% del territorio mencionado. No obstante, este sistema no simboliza la gran diversidad del país, ya que en el sur del país sólo existe una unidad, que es el Parque Nacional Podocarpus.

Entre la Parroquia Vilcabamba y la Reserva Biológica de Tapichala, ubicada a 52 Km al sur de la parroquia, se pueden encontrar gran variedad de aves (Tabla 26), muchas propias de la región tumbesina (bosques secos del suroeste de Ecuador y noroeste de Perú), considerada de las de mayor biodiversidad a nivel mundial.

**Tabla 26:** Aves presentes en la parroquia Vilcabamba (GPL, 2011).

Nombre común	Nombre científico
Pato torrentero	<i>Merganetta armata</i>
Rascón plumizo	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>
Perico pechiblanco	<i>Pyrrhura albipectus</i>
Cuco ardilla	<i>Piaya canaya</i>
Guácharo/Tayo	<i>Steatornis caripensis</i>
Colibrí pico espada	<i>Ensifera ensifera</i>
Solangel gorjiamatista	<i>Heliangelus amethysticollis</i>
Carpintero poderoso	<i>Campephilus pollens</i>
Chamaeza barreteado	<i>Chamaeza mollissima</i>
Gralaria jocotoco	<i>Grallaria ridgelyi</i>
Pecholuna elegante	<i>Melanopareia elegans</i>
Mirlo del marañón	<i>Turdus maranonicus</i>
Bolsero Coliamarillo	<i>Icterus mesomelas</i>
Saltador enmascarado	<i>Saltator cinctus</i>

El mayor problema al que se enfrenta la avifauna ecuatoriana, es debido, especialmente, a la deforestación que sufre desde hace años el país, a lo que hay que sumarle la poca información que se tiene sobre las aves de Ecuador, a excepción de las Islas Galápagos, cuya avifauna ha sido estudiada desde hace más de un siglo. La zona suroccidental ecuatoriana, a pesar de ser una zona importantísima en cuanto a avifauna y de las más ricas del mundo, la conversión de sus bosques en sistemas agrícolas y ganaderos ha ocasionado que hoy en día sólo perduren pequeños reductos boscosos en los que puede asentarse este tipo de fauna. La escasez de información pública a nivel nacional, la falta de un adecuado manejo de las áreas protegidas y de fondos para su protección está causando que esta situación se agrave.

En la parroquia objeto de estudio, la implementación de cafetales asociados a otros cultivos y árboles propios de la zona, como puede ser *Anadenanthera colubrina*, propiciará el asentamiento de diversidad de aves, lo que conlleva gran cantidad de beneficios para la región. La obtención de café amigable con las aves, hoy en día muy valorado en Europa, y la creación de zonas para el avistamiento de aves, turismo en auge y por ahora poco explotado en la zona, serían ejemplos de las bondades del asocio. Además, muchas de estas aves son



insectívoras, lo que merma el número de gusanos e insectos que producen daños en plantas jóvenes.

#### **3.4.6 Obtención del material vegetal para la plantación de café**

Un factor de vital importancia en el cultivo del cafetal es la elección del material de siembra, debido a que, el futuro de la plantación dependerá de esta actividad. Se deben elegir plantas jóvenes, sanas, perfectamente adaptadas a la zona en la que se quiera establecer la plantación, y libre de las plagas y enfermedades. Una acertada elección de semillas, genera plantas de buena calidad, lo que influirá de gran manera en la producción, proporcionando buenos rendimientos.

En la actualidad, la producción de café se encuentra disminuyendo a nivel mundial, esto se debe en gran medida al cambio climático, ya que, las alteraciones climáticas causaron que las plantaciones se desequilibraran en sus etapas de producción, conllevando una bajada en la productividad. Por ello es fundamental el uso de semillas de calidad, que se adapten a factores ambientales diversos. Las semillas certificadas cumplen con estos requisitos, son semillas de buena calidad, de origen conocido, producen buenos alimentos y generan mejoras en producción y en calidad, lo que conlleva más competitividad (Fischersworrning y Robkamp, 2001).

En Ecuador, el Departamento Certificador de Semillas del Ministerio de Agricultura y Ganadería es el que se encarga de lo relativo a la aplicación de la legislación, así como del control de la producción, procesado y comercialización de las semillas registradas y también de las comunes, aunque no tengan los requisitos para ser certificadas.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), así como, personas o instituciones que han sido autorizadas por el Departamento de Semillas del Ministerio de Agricultura y Ganadería, previamente aconsejado por el Consejo Nacional de Semillas, son lo que poseerán el privilegio de la producción de este tipo de semillas.

#### **3.4.7 Fenología y establecimiento del cultivo del café**

Los cafetos son arbustos perennes que pueden llegar a alcanzar 12 metros de altura en estado silvestre, aunque algunas variedades pueden aproximarse a los 20 metros. La primera cosecha de este árbol se produce entre los 3 y 4 años de su siembra, y su vida útil es de 20 a 30 años, no obstante, su ciclo de vida depende de las condiciones edafológicas y climáticas en las que se encuentre establecido, por lo que unas condiciones menos favorables pueden acortar la vida del mismo. La duración de cada etapa fenológica depende en gran medida de la variedad utilizada y de las condiciones ambientales que surjan en cada fase, teniendo cada una de ellas necesidades específicas.

El cafeto genera su máximo rendimiento cuando se encuentra entre las edades de 6 y 8 años, posteriormente, el arbusto comienza a envejecer, dando como resultado una bajada progresiva de la producción.

El paso de la etapa vegetativa a reproductiva sucede en el segundo año desde que se trasplantó el cafeto. Esta fase es bastante frágil, por ello una adecuada evolución durante este periodo será fundamental para las futuras producciones.

Los tres primeros años de vida del cafetal requieren de un sombrío específico para que el manejo sea eficiente, debido a esto, el establecimiento de sombra temporal y permanente es una opción recomendable. Cuando el sombrío definitivo cree las condiciones adecuadas, entonces se podrá eliminar el resto.

Aunque en cada zona, el manejo, condiciones ambientales y de suelo son diferentes (lo que condiciona el ciclo de vida del cultivo), las etapas fenológicas del cafeto se pueden englobar en los siguientes grupos: germinación y propagación vegetativa (Tabla 27), formación de las hojas, formación de las ramas, elongación de las ramas, desarrollo de la inflorescencia, floración, desarrollo del fruto y de la semilla, maduración del fruto y de la semilla, y senescencia.

**Tabla 27 :** Descripción de las fases fenológicas del café (*Coffea* sp.) en el estado principal 0 (Arcila et al., 2001).

Código	Descripción
<b>Estado principal 0: Germinación, propagación vegetativa</b>	
00	Semilla seca (11-12% de humedad), de color amarillento si el pergamino está presente o verde azulado si se ha removido el pergamino y la película plateada. Estaca (ortotrópica, mononodal, 60 mm de largo, dos hojas recortadas a la mitad). Tallos de la zoca con dos nudos abultados y no se observa brote.
01	Se inicia la inhibición de la semilla, la almendra aparece hinchada, color blanquecino, la radícula no es visible. Estaca plantada en el medio de enraizamiento. No se observan brotes ni formación de callos.
03	Se completa la inhibición de la semilla, la almendra aparece blanca y con un ligero abultamiento en el extremo donde se ubica el embrión. Comienza la formación de callo en las estacas. Yemas redondas de color verde visibles en los tallos de la zoca
05	La radícula brota de la semilla y aparece curvada. Brotes visibles en las estacas. Comienza la formación de brotes en los tallos de las zocas
06	Elongación de la radícula, formación de las raicillas y raíces laterales en la semilla y las estacas.
07	El hipocotilo sobresale del suelo y presenta los cotiledones todavía encerrados en el pergamino. Las estacas han formado brotes y presentan raíces ramificadas.
09	Emergencia: Las semillas han surgido desde el suelo y muestran los hipocotilos con los cotiledones emergiendo a través del pergamino. Las estacas presentan raíces 6-7 cm de largo y brotes con 1-2 nudos. Los tocones muestran retoños con los primeros pares de hojas.

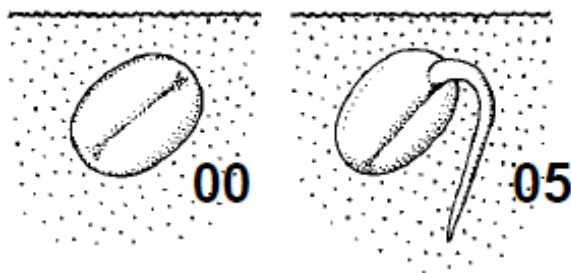
La semilla del cafeto está constituida fundamentalmente de endosperma (semilla), el cual es de color verde o amarillento, y está conformado por azúcares, aceites, almidón, cafeína, etc. En el 50% de las semillas, la radícula (Figura 34) germina en el estado 05 (Tabla 27), a los 5 o 6 días de la siembra, aunque no es hasta el quinceavo día cuando la mayor parte de las semillas han germinado.

La época más adecuada para la siembra es la estación seca, durante los meses de febrero a abril, sin embargo, son muchos los productores que siembran en otras épocas debido a su planificación, en tal caso, habrá que extremar las precauciones.

Para elegir la ubicación del semillero hay que tener en cuenta diferentes factores: que sea una zona accesible, con fuente de riego cercano, protegido del viento y animales y con suelo permeable. En este medio, las semillas, y posteriormente las pequeñas plántulas de café permanecerán durante 50 a 70 días hasta el trasplante definitivo que coincide con el estado 20 (Tabla 29).

El sustrato a utilizar para el semillero es arena de río, ya que para un buen establecimiento se requieren texturas arenosas o franco arenosas. A falta de esta arena se debe obtener un suelo libre grumos, raíces y cualquier otro elemento, para ello se voltea la misma y se cuela.

Las dimensiones para establecer la camas o eras donde se va a realizar la siembra deben ser de 1 a 1,20 m de ancho, 25 cm de alto y el largo dependerá de la cantidad de semillas que se quieran sembrar. Para la siembra a voleo de un kg de semillas será necesario disponer de un metro cuadrado de cama. Se debe tener especial cuidado con que no se solapen unas semillas con otras con el fin de aprovechar la mayor cantidad de estas. Una vez esparcidas las semillas se cubrirán con 0,5 cm de espesor de tierra suelta.



**Figura 34:** Siembra y germinación de la semilla de café  
(Figura parte superior: elaboración propia, Figura parte inferior: Arcila et al., 2001).

Una vez realizada la siembra, se cubren las eras con hojas secas (Figura 34) de guineo, caña de azúcar o paja seca proveniente de gramíneas. Esto permite mantener la temperatura y

humedad adecuada del semillero. Cuando las plántulas hayan emergido (Figura 35), hay que aumentar la altura de la cubierta protectora, hasta aproximadamente un metro por encima del semillero.

El riego depende de las condiciones ambientales de cada zona, aunque por norma general, se aconseja hacerlo dos o tres veces por semana y en días alternos.



**Figura 35:** Fase de emergencia de la semilla de cafeto (Figura de la izquierda: elaboración propia), Figura de la derecha: Arcila et al., 2001).

Existen dos formas de elaborar viveros de café: una es mediante bolsas de polietileno, y la otra es directamente en el suelo. En Ecuador, y en especial en la zona de estudio, la modalidad más utilizada es el vivero con bolsas de polietileno.

Las condiciones adecuadas para su establecimiento son las mismas que en el semillero, aunque en el caso del vivero, también se requiere que esté próximo a la zona de trasplante final.

La construcción de viveros en el suelo está casi obsoleta hoy en día. Son pocos los lugares de Latinoamérica en los que se emplea esta técnica. Aunque hay que destacar que ambas formas son similares.

Para la elaboración de viveros mediante bolsas, las más utilizadas son las de polietileno negro, cuyas dimensiones varían en función del agricultor. El tamaño de la bolsa dependerá del tiempo que el productor quiera mantener las plantas en el vivero, siendo recomendable usarlas grandes, lo que conlleva un mayor desarrollo y menor daño de la planta.

Para el llenado de las bolsas se requiere de suelos fértiles, con textura franca, si el suelo del que se dispone es arcilloso, habrá que adicionarle arena para obtener un buen drenaje, y si es arenoso, al contrario. Se aconseja mezclar con el sustrato abonos orgánicos propios del terreno, como la pulpa de café previamente descompuesta. Previo al trasplante en bolsas, habrá que realizar un riego abundante con el propósito de extraer fácilmente las plántulas. Antes del establecimiento se deberán elegir las plántulas más sanas, fuertes y sin alteraciones,

así como las que dispongan de una raíz bien formada (Figura 36). Si la longitud de la raíz es superior a 15 cm, entonces se realiza una poda de alrededor de 3 cm, con la finalidad de facilitar el trasplante y inducir el incremento de raíces laterales. En el momento de insertar la plántula en el sustrato, el cuello de la raíz debe de quedar al mismo nivel en el que se encontraba en el semillero, pues, si se introduce parte del tallo, puede ocasionar disminución en el crecimiento y mayor incidencia de enfermedades.



**Figura 36:** Plantulas o chapolas de café con raíz adecuada para el trasplante en vivero (IHCAFE, 2001).

Para la construcción del sombrío del vivero se utilizan especies maderables que estén disponibles en la zona, y para el techo, se puede optar por ramas de plantas de la zona o mayas.



**Figura 37:** Plántulas en el estadio 10 y 11, recién trasplantadas en bolsas de polietileno (Figura de la izquierda: elaboración propia, Figura de la derecha: Arcila et al., 2001).



Alrededor de los 75 días posteriores a la siembra, las plantitas se encuentran en los estados 10 y 11 (Tabla 28, Figura 37), poseyendo la mayoría su primer par de hojas verdaderas, momento en el cual, se puede efectuar el trasplante a las bolsas.

**Tabla 28:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café en el almácigo (Arcila et al., 2001)

Código	Descripción
<b>Estado principal 1: Formación de las hojas</b>	
10	Cotiledones completamente abiertos. Primer par de hojas verdaderas sin abrir se separan del ápice del tallo.
11	Primer par de hojas abiertas pero sin alcanzar su tamaño final. Hojas de color verde claro o bronceadas.
12	Dos pares de hojas abiertas pero sin alcanzar su tamaño final. Hojas de color verde claro o bronceadas.
13	Tres pares de hojas abiertas pero sin alcanzar su tamaño final. El tercer par de hojas a partir del ápice es de color verde oscuro.
14	Cuatro pares de hojas abiertas. El cuarto par de hojas a partir del ápice es color verde oscuro y ha alcanzado su tamaño final.
15-18	Los estados continúan de forma similar.
19	Nueve o mas pares de hojas abiertas visibles.

El trasplante final en el terreno se realizará en el estadio 20 (Figura 38), a los 8 meses de edad, que es cuando la planta ya posee su primer par de ramas. Es importante que el asentimiento se haga coincidir con las estaciones húmedas, con el fin de que la planta disponga del recurso hídrico en los primeros meses de desarrollo sobre el terreno.



**Figura 38:** Plantas de café recién trasplantadas (estado 20) (Elaboración propia).

En el marco de siembra del cafetal, que propuso IHCAFE en el año 2001, hay que hacer una clara distinción entre las plantas de porte alto y porte bajo. Como se vio anteriormente, las variedades cultivadas en la zona de estudio pertenecen a la *Coffea arabica*, dentro del cual encontramos de porte alto a las variedades typica y bourbon, y de porte bajo a las variedades

caturra, catuái y pacas; además dentro de las de porte bajo se incluyen las variedades catimor (cruce entre el híbrido timor y la variedad caturra) y el sarchimor (cruce entre la variedad villa sarchi y el híbrido timor).

La distancia de siembra de las variedades de porte alto será de  $2,2 \times 1,25$ , por lo que en una hectárea se podrían plantar 3.636 plantas. Las de porte bajo requieren un marco menor de  $2 \times 1$ , a excepción del Catuái cuya distancia de siembra sería de  $2 \times 1,25$ , obteniendo una densidad de siembra de 5.000 y 4.000 plantas/ha respectivamente.

Los tiempos de los estados posteriores al trasplante (Tabla 29) y previos a la floración no están del todo definidos, ya que las condiciones edafológicas y climatológicas del lugar, así como las prácticas culturales, son las que marcarán la velocidad de desarrollo y la entrada en la floración.

**Tabla 29:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante el crecimiento vegetativo (Arcila et al., 2001).

Código	Descripción
<b>Estado principal 2: Formación de las ramas</b>	
20	Primer par de ramas primarias visibles.
21	10 pares de ramas primarias visibles.
22	20 pares de ramas primarias visibles.
23	30 pares de ramas primarias visibles.
24-28	los estados continúan de la misma forma.
29	90 o más pares de ramas primarias visibles.

La planta de café posee un solo un eje, en cuyo extremo presenta una zona de permanente crecimiento, que va alargando el tallo y formando nudos y entrenudos. Las ramas laterales se alargan y la zona superior del eje vertical continúa creciendo. El eje central o ramas ortotrópicas sólo producen yemas vegetativas, en cambio, las ramas plagiotrópicas o laterales, que son las ramas primarias, son las que dan lugar a las ramas secundarias y terciarias (ICAFE, 1998).

En los nudos ubicados en el tallo y las ramas se originan dos axilas foliares opuestas, y en cada una de ellas se forman cuatro o cinco yemas. La primera yema del eje principal da origen sólo a ramas primarias, en cambio, las yemas asentadas en las ramas, por norma general, dan lugar a flores, y las que no, se convierten en ramas secundarias o terciarias.

El primer año de vida de la planta de café se ocupa de producir ramas y yemas axilares que se convertirán en hojas, ramas o yemas reproductivas. En el segundo año es cuando la planta florece, genera frutos y posteriormente entra en un periodo de reposo y de senescencia de ramas secundarias y terciarias (Camargo y Camargo, 2001).

**Tabla 30:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante el crecimiento vegetativo (Arcila et al., 2001).

Código	Descripción
<b>Estado principal 3: Elongación de las ramas</b>	
31	10 nudos presentes en la (s) rama (s).
32	20 nudos presentes en la (s) rama (s).
33-38	Los estados continúan.
39	90 o más nudos presentes en la (s) rama (s).

El rendimiento del cafeto está sujeto a la cantidad de nudos (Tabla 30) presentes en las ramas plagiotrópicas que se hayan nacido el año anterior, pues es en ellas donde se originan las inflorescencias. Aproximadamente son de cuatro a seis las inflorescencias que pueden brotar de un nudo, y de cada inflorescencia emergen tres o cuatro flores (Tabla 31). El inicio de la floración viene marcado por el crecimiento vegetativo, si este es muy dinámico entonces se inicia la floración.

**Tabla 31:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante el desarrollo de la inflorescencia y durante el desarrollo de la antesis (Arcila et al., 2001).

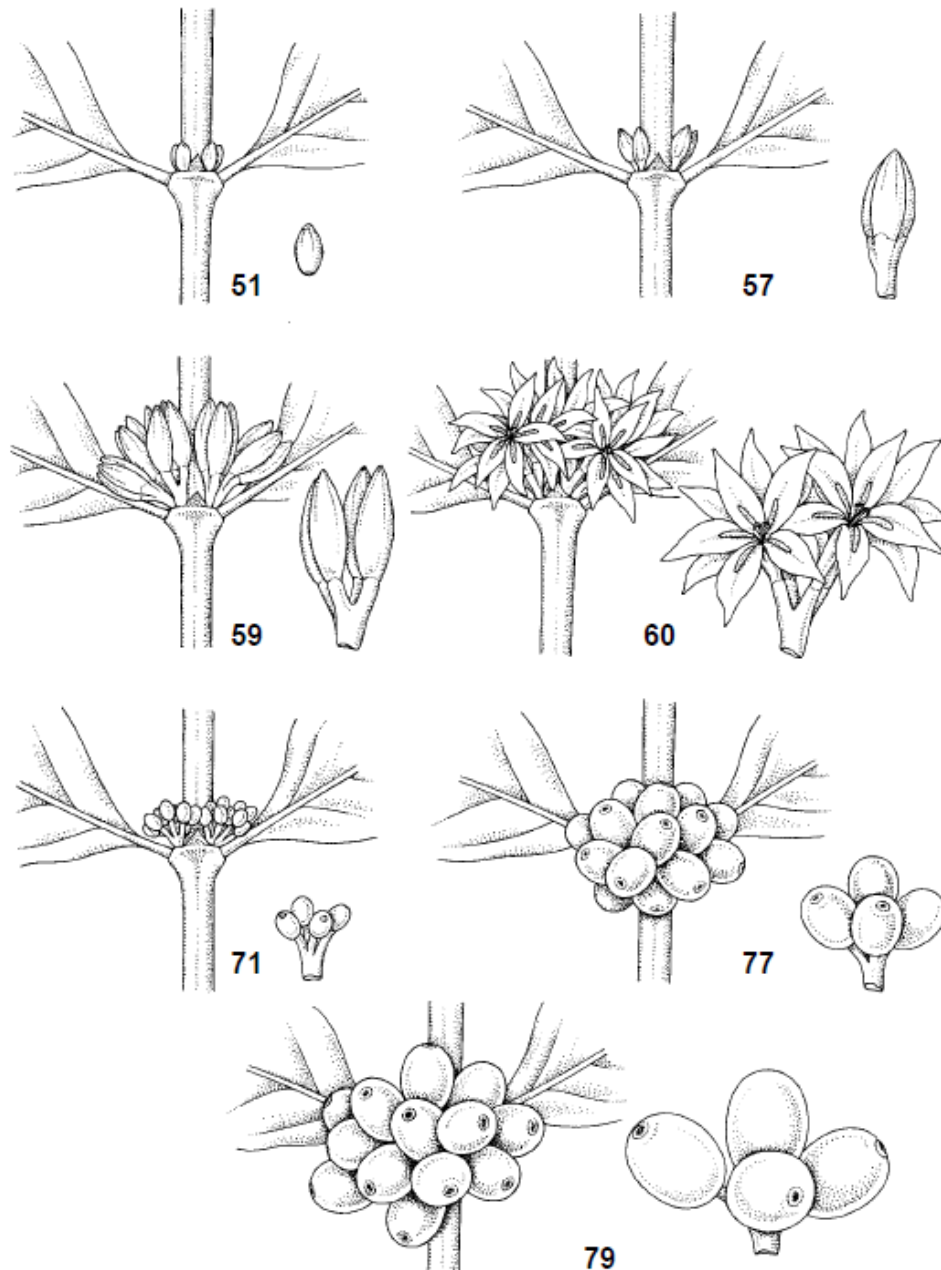
Código	Descripción
<b>Estado principal 5: Desarrollo de la inflorescencia</b>	
51	Las yemas de las inflorescencias se observan como hinchamientos en las axilas foliares.
53	Las yemas de las inflorescencias se hacen visibles por encima de las estípulas y están cubiertas por un mucílago de color castaño; no se observan botones florales.
57	Flores visibles, con sus corolas pegadas entre sí, nacen en inflorescencias multiflorales (3-4 flores por inflorescencia).
58	Flores visibles. Separadas entre sí, todavía cerradas, pétalos 4-5 mm de longitud y de color verde (estado de latencia).
59	Flores con pétalos alargados (6-10 mm de longitud), todavía cerrados, y de color blanco).
<b>Estado principal 6: Floración</b>	
60	Primeras flores abiertas.
61	10% de las flores están abiertas.
63	30% de las flores están abiertas.
65	50% de las flores están abiertas.
67	70% de las flores están abiertas.
69	90% de las flores están abiertas.

La primera floración está suscrita a las condiciones edafoclimáticas del lugar, por lo tanto, no se puede estimar exactamente la cantidad de días necesarios para su inicio. Una vez hayan



emergido el 50% de las flores de cafeto, se considera comenzada la etapa de floración (Tabla 31).

Temperaturas inferiores a 12°C pueden inhibir la floración, y superiores a 30°C pueden ocasionar daños en las flores, por lo que se considera como óptimo en el cafeto en esta etapa temperaturas que rondan entre los 17 y 27°C.



**Figura 39:** Estadios fenológicos de la planta de café durante el desarrollo de la inflorescencia y durante el desarrollo del fruto (Arcila et al., 2001).

La fase de desarrollo del fruto (Tabla 32) es muy sensible a falta de agua, si este recurso es escaso durante la séptima y catorceava semana posteriores a la floración, entonces se producirán frutos pequeños. Si esta carencia se presenta entre las etapas de formación del fruto y llegada a su maduración, entonces, puede que se produzcan granos defectuosos.

Al inicio de la fructificación (Figura 39, estadio 71), los frutos son casi inapreciables, posteriormente, comienza un acusado aumento de tamaño, aunque no de peso, y es a partir de la 16 a 17 semanas desde la floración cuando el grano casi ha alcanzado el desarrollo completo. Es en ese momento, cuando ha alcanzado el 90% de su tamaño final.

**Tabla 32:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante el desarrollo del fruto y de la semilla (Arcila et al., 2001).

Código	Descripción
<b>Estado principal 7: Desarrollo del fruto y de la semilla</b>	
70	Frutos visibles como pequeñas cerezas amarillentas.
71	Iniciación del crecimiento de la cereza. Los frutos han alcanzado el 10% de su tamaño final (fosforitos).
73	Frutos de color verde claro y su contenido es líquido y cristalino. Los frutos han alcanzado el 30% de su tamaño final (fase de crecimiento rápido).
75	Frutos de color verde claro y su contenido es líquido y cristalino. Los frutos han alcanzado el 50% de su tamaño final (fase de crecimiento rápido).
77	Frutos de color verde oscuro y su contenido es sólido y blanco. Los frutos han alcanzado el 70% de su tamaño final.
79	Frutos de color verde oliva y su contenido es sólido y blanco. Los frutos han alcanzado el 90% de su tamaño final (madurez fisiológica).

Durante las ocho a nueve semanas siguientes el grano va adquiriendo mayor peso y se forma el pergamino, comienza entonces el cambio de tonalidad de verde oliva a rojo o amarillento según la variedad.

A las 25 a 26 semanas a partir de la floración, el fruto estará listo para su recolección, ya que ha madurado totalmente. Si se espera demasiado para recolectar el fruto, puede sobremadurarse, secarse y tomar un color violáceo (Tabla 33, estadio 89).

Los años de baja producción, pueden ser debidos a que la planta está destinando los nutrientes a su crecimiento y a la reparación de partes dañadas, lo que generará rendimientos altos en la siguiente cosecha.

**Tabla 33:** Código y descripción de los estadios fenológicos de la planta de café durante la maduración del fruto y de la semilla, y durante la senescencia (Arcila et al., 2001).

Código	Descripción
<b>Estado principal 8: Maduración del fruto y de la semilla</b>	
81	Se inicia el cambio de color del fruto de verde oliva a rojo o amarillo.
85	Incremento de la intensidad del color rojo o amarillo del fruto (específico de la variedad); el fruto todavía no está listo para recolectar.
88	Fruto está totalmente maduro y listo para su recolección.
89	Sobremaduro; comienzo del ennegrecimiento o secamiento del fruto; los frutos permanecen en el árbol y comienza la abscisión.
<b>Estado principal 9: Senescencia</b>	
90	Los brotes han alcanzado su desarrollo completo; la planta presenta un color verde intenso; las hojas son del tamaño normal para el cultivar y la cosecha se ubica en la parte baja de la planta.
93	Las hojas más viejas cambian de color verde oscuro a un color amarillo con manchas rojas y hay defoliación principalmente en la época de cosecha.
94	El follaje se torna a un color verde oliva. Se observa defoliación en la parte basal del tallo y de las ramas inferiores.
97	La zona de producción se ha trasladado a la parte superior del tallo y hacia los extremos apicales de las ramas. Las hojas son de menor tamaño que para lo normal del cultivar; se observa defoliación fuerte en la parte basal y en el interior de la planta, algunas ramas de la base de la planta aparecen muertas.
98	La zona de producción se limita a unas pocas ramas de la parte superior de la planta y a algunos nudos de la parte apical de estas. La planta está altamente defoliada. Se ha alcanzado un alto grado de envejecimiento. El 90% o más de la cosecha se ha completado.
99	Tratamientos postcosecha o almacenamiento.

Durante la etapa de senescencia, las ramas ubicadas en la parte inferior empiezan a deteriorarse y a perder las hojas, por lo que la producción comienza a situarse en la zona media y alta de la planta. El follaje va adquiriendo un color verde claro, y las hojas que lo conforman poseen un tamaño más pequeño (Tabla 33, estado principal 98).

El control cultural mediante podas de formación y de conservación es necesario para alargar la vida del cafeto, pero si está muy degradado, habrá que proceder a su renovación. Los factores que pueden ocasionar una senescencia rápida son: suelos con defecto de nutrientes, condiciones ambientales extremas, densidades de siembra altas y crecimiento vegetativo desmesurado.

### 3.4.8 Cosecha

La cosecha del cafetal se lleva a cabo cuando las cerezas han adquirido un color rojo o amarillo (según la variedad) y han madurado. No es común que en una misma rama todas los frutos se encuentren con el color y maduración definitivos, por ello, la forma adecuada para la recolección es a mano, que permite seleccionar las cerezas maduras (Figura 40) y descartar aquellas que todavía no llegado a ese estado.



**Figura 40:** Frutos maduros de un cafeto de la especie *Coffea arabica* (elaboración propia).

La recolección a mano (Figura 41) entraña mayor cantidad de mano de obra, ya que supone realizar esta actividad varias veces, conforme vayan madurando los frutos. Esta técnica permite mejorar la calidad del café, gracias al acopio de las cerezas que se encuentran en el estado perfecto de maduración. Al recolectar los frutos se debe tener especial cuidado con no rasgar las ramas, pues se destruirán las yemas florales.



**Figura 41:** Recolección a mano de frutos maduros de un cafeto de la especie *Coffea arabica* (elaboración propia).

En cambio, en países como Brasil, con grandes extensiones de monocultivo de cafetales, se hace frecuente la cosecha mecanizada. Para ello, esperan a que el 70% de las cerezas hayan madurado para proceder a cosechar. Aquí no hay distinción entre frutos maduros y verdes, pues la cosechadora los despoja todos y posteriormente se separan con el fin de mejorar la calidad. Si el cafetal se encuentra asociado con otros árboles y cultivos, se hace imposible la cosecha mecanizada.

### **3.4.9 Postcosecha**

El beneficiado del café consiste en transformar el café cereza a pergamino, y de este a oro verde. Esta acción determina en gran medida la calidad futura de la bebida. No es que su calidad mejore, sino que ayuda a preservarla.

Existen dos métodos de procesamiento del café: beneficio por vía húmeda y beneficio por vía seca, consiguiendo el primer tipo, un café de mejor calidad, lo que se ve reflejado en el precio final del café.

#### **3.4.9.1 Beneficio por vía húmeda**

Esta forma de beneficiado del café se realiza en cinco fases (Fischersworing y Robkamp, 2001): recolección, despulpado, fermentación, lavado y secado.

En este tipo de beneficiado, la cosecha se realiza de forma selectiva, fruto por fruto, permitiendo escoger los frutos con óptima maduración. Esto conlleva a generar un café homogéneo y de mejor calidad.

Una vez cosechados los frutos se almacenan en envases evitando la radiación solar. El calor y falta de ventilación promueven la fermentación del fruto, lo que disminuye la calidad del café.

El despulpado es el proceso en el que se separa el grano de café de la cubierta exterior (epicarpio y mesocarpio). Esta actividad debe realizarse el mismo día de haber recolectado los frutos maduros, evitando con ello, la fermentación de los mismos. La pulpa obtenida se puede usar para la elaboración de abonos, contribuyendo al reciclado de los residuos de la cosecha, aspecto que tiene muy en cuenta la agricultura ecológica, y de vital importancia a la hora de conseguir certificación orgánica.

El proceso de fermentación consiste en colocar el café despulpado en tanques de fermentación con el fin de proceder a la separación de la capa de mucílago. Los tanques deben ser de un material adecuado como madera o cemento, evitando los receptáculos de metal que pueden manchar el pergamino. Esta actividad suele durar de 10 a 20 horas, dependiendo de la región y de la temperatura existente.

El lavado tiene por finalidad la eliminación de sustancias que todavía están fijadas al pergamino. Para ello se debe lavar el café con agua limpia, cambiando el agua un par de veces por lo menos, obteniendo el café pergamino húmedo. Si este proceso no se realiza de manera adecuada puede dar lugar a fermentaciones no deseadas.

Posteriormente, se debe proceder de manera rápida a la actividad de secado. En este proceso hay que extremar las precauciones, debido a que el grano de café absorbe olores del entorno con mucha facilidad. El secado permite reducir la humedad del café pergamino de un 70% a

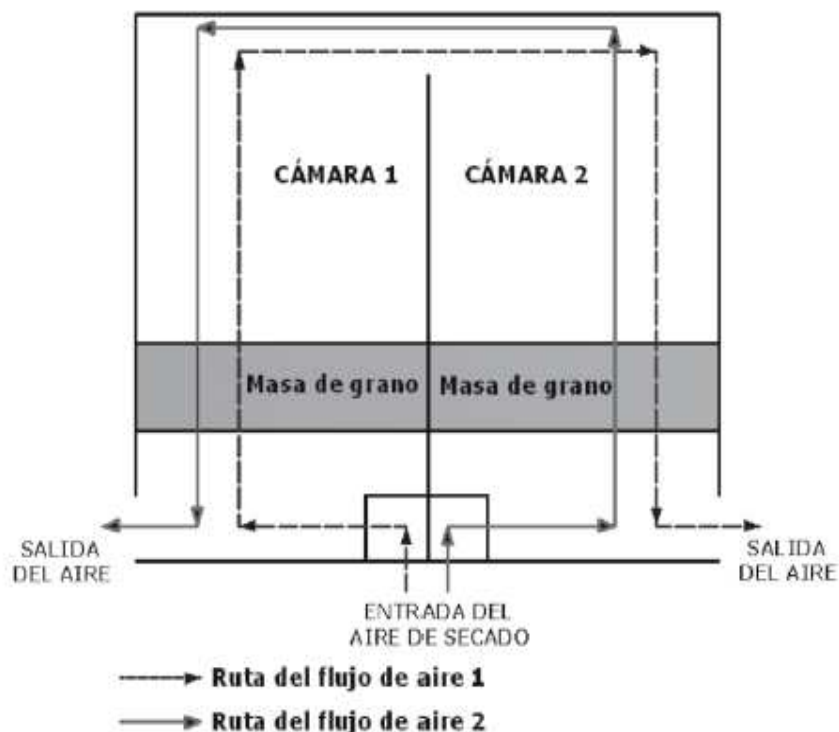
un 10% aproximadamente, lo que permite almacenarlo evitando el ataque de hongos, malos olores, etc. El secado puede hacerse de dos formas diferentes: de manera artificial o natural.

El secado natural, es la mejor forma de realizar este proceso y para ello se requieren de zonas cementadas o bandejas perfectamente limpias. En zonas con alta pluviometría se recomienda tener algún tipo de cubierta, por ejemplo de plástico (Figura 42). La uniformidad del secado es un factor a tener muy en cuenta y se consigue extendiendo el café en capas de no más de 3 cm, removiendo varias veces al día. El tiempo de secado varía de entre 40 a 76 horas de sol, pues depende de la climatología del lugar.



**Figura 42:** Secadero de café (CIEPO, 2007).

El secado artificial (Figura 43), requiere de mucho menos tiempo y suele aplicarse en fincas muy tecnificadas o con malas condiciones climatológicas. El funcionamiento consiste en la utilización de aire forzado, el cual es calentado mediante un sistema de intercambio de calor para luego entrar en contacto con el lecho estático de granos de café húmedos. Los equipos más utilizados son los secadores de tipo silo con dos o más compartimentos. Esta operación dura entre 20 y 25 horas (Cenicafé, 1999).



**Figura 43:** Esquema del recorrido del flujo de aire a través del silo secador (Cenicafé, 1999).

Por último, se debe almacenar el grano en un lugar bien aireado, con una temperatura no superior a los 20 °C y cuya humedad relativa sea aproximadamente del 65%. Los granos de café siempre deben almacenarse en forma de pergamino seco con una humedad de grano no superior al 12% para que no se produzca fermentaciones indeseadas. El grano absorbe fácilmente los olores, por ello, a la hora de almacenarlo, no debe hacerse en contacto con el suelo ni con otras sustancias. Antes del almacenamiento, se deberá comprobar que los granos no estén calientes, posteriormente se introducen en sacos de yute con el peso que se requiera. Si esta actividad se realiza de manera adecuada, el tiempo de almacenamiento puede llegar a ser de casi cinco meses.

Dentro del beneficio por vía húmeda se incluye un tipo, el beneficio ecológico, que consiste en utilizar y tratar los subproductos de café generadores de contaminación, con el fin de reducir el impacto ambiental que generan. Mediante este sistema lo que se consigue es evitar el contacto del café en sus estados contaminantes (cereza y grano con mucílago) con el agua. Además este tipo de beneficio trata la pulpa de café mediante procesadoras, aboneras y lombricultivo de acuerdo con el sistema de manejo que se tenga implementado.

### 3.4.9.2 Beneficio por vía seca

Consiste en un sistema bastante fácil y necesita mayor tiempo al compararlo con el anterior, por lo que mayor riesgo de fermentaciones y adición de olores. La cereza del café se seca entera hasta obtener una humedad inferior al 13%, y puede hacerse de forma natural, mediante contacto directo con los rayos solares, o mediante secado artificial, con secadoras mecánicas. El grano, una vez finalizado el proceso, queda envuelto por una cubierta y se le



llama café bola seca o café oro, y a continuación es descascarado mediante una piladora para la obtención del llamado café natural.

### **3.4.10 Riego**

Tradicionalmente se ha considerado al café como un cultivo de secano ya que, es una planta que dispone de suficientes mecanismos para adaptarse satisfactoriamente a las zonas cálidas de baja pluviometría; no obstante, no se ha de confundir esa resistencia a la sequía con el hecho de que el café responde favorablemente a aportaciones de agua complementarias a la lluvia, sobretudo en áreas con baja pluviometría (Mesquita de Cavalho et al., 2005).

La eficiencia de la aplicación en un sistema de fertirriego, dependiendo de las condiciones y requerimientos del cultivo, puede ser muy alta si se logran controlar las fuentes de pérdida o salidas (evapotranspiración, escorrentía, infiltración, volatilización) frente a los ingresos o entradas (precipitación y dosis de riego-fertilizantes). Esto se logra cuando el sistema está bien diseñado y controlado (Olalla Mañas et al., 2005).

Los parámetros físicos del suelo, así como la determinación de ciertas variables meteorológicas permitirán establecer las necesidades hídricas del cultivo, el tiempo y la frecuencia de riego, entre otros factores.

### **3.4.11 Elementos esenciales y fertilización de un cafetal**

Los cafetos tienen diferentes exigencias de fertilización según la etapa fenológica y la estación en la que se encuentren. Además el uso de la sombra es un componente importante en este sentido, pues los cafetos establecidos como monocultivo están supeditados al uso frecuente de fertilización química. Lo óptimo para el cultivo es el uso de fertilizantes de bajo coste, que sean respetuosos con el medioambiente y que promuevan una óptima capacidad productiva.

Para realizar un buen manejo en la fertilización es conveniente, conocer los requisitos de la variedad que se encuentra establecida en la plantación y realizar un análisis de suelo, y gracias a este, se podrá evaluar la fertilización adecuada para el cultivo y hacer las posteriores recomendaciones. Mediante el análisis de suelos se podrá conocer, entre otros, la textura del suelo, la disponibilidad de nutrientes, el pH, el % de materia orgánica. Una carencia de elementos minerales en el suelo afecta al metabolismo del cafeto, propiciando el ataque de plagas y enfermedades, y disminuyendo la capacidad productiva del mismo, por ello, es de suma importancia conseguir mantener la fertilidad natural de este, mediante el uso de abonos verdes, coberturas naturales y la aplicación de fertilizantes orgánicos mediante un manejo adecuado, teniendo en cuenta la época del año y la dosis adecuada para cada cafetal en particular.

Los cafetales integrados en sistemas agroforestales, mediante el uso de especies leguminosas como elemento de sombrío, han dado muy buenos resultado por su aporte de nitrógeno al sistema, debido a esto, son un factor importantísimo para la conservación de la fertilidad y sostenibilidad del sistema. Teniendo en cuenta que la zona de estudio es algo deficiente en este elemento, lo anterior será una consideración a tener muy en cuenta.

La planta de café necesita 16 elementos esenciales, el carbono, hidrógeno y oxígeno los absorbe del agua y del aire, en cambio, los otros elementos los atrapa del suelo por medio de



la raíz, aunque también puede tomarlos del sistema foliar si es que se aplica fertilización a ese nivel.

En la etapa previa a la floración, tiene mayor necesidad de boro y zinc, sin embargo, en la fase posterior a la floración las necesidades no son las mismas. En la fase de maduración del fruto, que suele coincidir con la época seca, la exigencia de la planta es de potasio.

Los elementos necesarios para el cultivo del cafeto, se encuentran divididos según la cantidad en que los precise; así el nitrógeno, fósforo y potasio, al ser elementos que la planta necesita en gran cantidad, se encuentran entre los llamados macronutrientes.

El calcio, magnesio y azufre, también son fundamentales para la planta de café, aunque en menores cantidades. Y los micronutrientes como: el boro, zinc, cobre, hierro, manganeso, cloro, y molibdeno, son necesarios pero, en pequeña cuantía.

La planta de café para poder desarrollarse, producir frutos y ser resistente a plagas y enfermedades, necesita estos elementos en cantidades adecuadas, las funciones que desempeñan cada uno se observan en el siguiente cuadro (Tabla 34).

**Tabla 34:** Elementos esenciales para el crecimiento, reproducción y resistencia a plagas y enfermedades de un cafetal (Mora, 2008).

	Necesidad	Funciones
<b>Macronutrientes</b>		
Nitrógeno (N)	Alta	Fomenta el crecimiento de la planta, propicia el aumento de hojas e incrementa el contenido de proteínas en la planta.
Potasio (K)	Alta	Promueve la fotosíntesis, proporciona resistencia contra plagas y enfermedades, promueve la fijación de nitrógeno atmosférico y mejora la calidad del grano.
Fósforo (P)	Alta	Impulsa el crecimiento radicular, forma compuestos energéticos ATP y ADN, es un constituyente activo del protoplasma, contribuye en el desarrollo del fruto.
<b>Elementos secundarios</b>		
Calcio (Ca)	Media	Interviene en la división celular y en el metabolismo del nitrógeno, y fomenta el aumento de la floración.
Magnesio (Mg)	Media	Es el componente principal de la clorofila, ayuda en la precocidad y madurez de la planta, mejora la utilización del fósforo y el hierro.
Azufre (S)	Media	Participa en la estructura del protoplasma y es constituyente de algunas vitaminas.
<b>Micronutrientes</b>		
Boro (B)	Baja	Favorece la maduración del fruto, aumenta la formación de flores e interviene en la síntesis de hormonas.
Zinc (Zn)	Baja	Fomenta el crecimiento de los frutos y de la planta, es el responsable de la síntesis de hormonas del crecimiento y actúa en la absorción del fósforo.
Cobre (Cu)	Baja	Interviene en la fotosíntesis y en la producción de clorofila, aumenta el sabor de la cereza incrementando su calidad.
Hierro (Fe)	Baja	Promueve la formación de clorofila, forma parte de enzimas que intervienen en la respiración.
Manganeso (Mn)	Baja	Es un catalizador de enzimas e interviene en la absorción del CO <sub>2</sub> , interviene en el desarrollo de los cloroplastos.
Molibdeno (Mo)	Baja	Participa en la fijación de nitrógeno atmosférico.

Como es normal, en un único abono no se encuentran todos los elementos fundamentales para planta, no obstante, el compost (Tabla 35), que consiste en una combinación de desechos animales y vegetales transformados, es una excelente alternativa, ya que, presenta gran cantidad de macronutrientes y micronutrientes, además de vitaminas.

Normalmente, los abonos orgánicos vegetales son más baratos y se pueden obtener de la misma plantación, como por ejemplo, la pulpa de café, que contiene mayor cantidad de nitrógeno que el encontrado en el abono animal, confiere al suelo de mayor capacidad de retención de agua y previene la compactación, generando suelos más sueltos.

**Tabla 35:** Riqueza porcentual de algunos abonos orgánicos (CORECAF, 2000).

Abono	% de riqueza							
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Ca	Sílice	MO	Microelementos
Compost	0,5	0,5	0,5	0,3	2,5	-	10-20	Rico
Lombriabono	1,7	2,1	1,3	0,9	7,6	-	47,6	Rico
Purín de orina	0,3	0,06	0,45	-	0,1	-	4,0	Rico
Purín de estiercol	0,25	0,1	0,35	-	0,1	-	5,0	Rico
Estiercol de vacuno	0,4	0,2	0,6	0,1	0,5	-	17-25	Medio
Estiercol de pollo	1,5	1,5	1,0	-	3,0	-	30-35	Rico
Estiercol de caballo	0,5	0,3	0,4	-	0,2	-	30,0	Medio
Guano de islas	11-15	10-12	2,3-2,9	0,6-1,0	8,9-10,8	-	39-51	Rico
Roca fosfórica	-	30	-	1,0	39	3	-	Rico
Ceniza vegetal	-	2-4	6-10	-	30-35	-	-	Rico

Los productores de café de la parroquia Vilcabamba se encuentran implementando técnicas encaminadas a la producción ecológica. Para conseguir su finalidad, es importante prescindir del uso de agroquímicos e intentar aprovechar los residuos que generen sus cosechas, como la pulpa de café, la cual es una fuente de contaminación, que puede ser evitada si se vuelve a integrar al sistema en forma de abono.

### 3. 4.12 Control de plagas y enfermedades

La valoración de plagas y enfermedades es una actividad crucial, que requiere de un análisis global para obtener un resultado adecuado que exprese la causa de la plaga y/o enfermedad y los agentes que lo favorecen.

Los beneficios de los sistemas asociados son indudables, no obstante, un inadecuado manejo del sombrío, tanto los usados como sombra transitoria como permanente, puede desencadenar una abundancia de sombra que propicie la introducción de plagas como la broca del café y de enfermedades como el mal de hilachas.

Muchos países productores utilizan sustancias tóxicas para el control de plagas en cafetales, lo que incrementa el riesgo de intoxicación hacia los productores y contaminación de las fuentes de agua. Sin embargo, existen otras soluciones sostenibles como el estudio de alternativas ecológicas para el control de insectos plaga MIP, basado en técnicas como, el monitoreo e identificación de insectos benéficos plaga y hongos patógenos (CABI Bioscience 2003 citado por Fürst, 2005).

#### 3.4.12.1 Control de plagas

En Ecuador, la plaga que más afecta al café arábica es la broca del café, aunque también existen otras con incidencia elevada como pueden ser: el minador de las hojas la palomilla de la raíz (Tabla 36).

**Tabla 36:** Principales plagas del cultivo de café en Ecuador (ICAFE, 1998).

Nombre común	Nombre científico	Condiciones propicias	Daños	Control
<b>Broca del fruto</b>	<i>Hypothenemus hampei</i>	Zonas de elevadas temperaturas como la provincia de Manabí en Ecuador. Cuanto mayor es la temperatura de la zona, más rápidamente se desarrolla.	Las hembras de esta especie son mayores que los machos, y son ellas las que ponen huevos en el interior del grano, posteriormente las larvas eclosionan y junto con los adultos son las que generan el daño. El fruto del cafeto disminuye en peso y muchos de ellos caen. Las perforaciones ocasionadas permiten la entrada a otros agentes perjudiciales. Pérdida de la calidad del café beneficiado.	En épocas secas realizar podas de las especies de sombrío utilizadas y de los cafetos, debido a que proporciona condiciones desfavorables para la plaga. Eliminación de frutos caídos al suelo y afectados en la planta, con el fin de conseguir una menor incidencia en las siguientes campañas. Y sólo cuando su presencia se aproxime al 5%, entonces considerar la alternativa química. El hongo <i>Beauveria bassiana</i> es un controlador biológico de la broca.
<b>Minador de la hoja</b>	<i>Leucoptera coffeella</i>	Es una especie que sólo ataca al género <i>Coffea</i> . Surge en periodos secos y en especial cuando los cafetales poseen una nutrición deficiente. También cuando las zonas cafetaleras están expuestas a vientos fuertes que disminuyen la humedad, presentándose de una forma más aguda en los monocultivos de café.	Son mariposas de color blanquecino que ponen huevos en el haz de la hoja. Al cabo de una semana los huevos eclosionan y la larva penetra en la hoja. La larva es la que produce el daño en este caso. Posteriormente, si el daño es severo, puede causar necrosis de la hoja y su muerte.	Realizar un control racional de malezas, para que el suelo contenga una cobertura suficiente que favorezca la presencia de predadores. Favorecer el establecimiento de enemigos naturales como la araña y la avispa que lo parasitan. Modificar el microclima con mayor densidad de árboles o no realizar la poda de los árboles de sombrío con el fin de aumentar la humedad. Y en el peor de los casos, usar insecticida cuando la plaga sigue avanzando progresivamente.
<b>Palomilla de la raíz</b>	<i>Dysmicoccus criptus</i>	Su presencia está directamente relacionada con las épocas de sequía, por lo que mediante un riego racional durante etapas de escasez de agua se puede disminuir su incidencia. Los cafetales a plena exposición son más propensos al ataque de la palomilla.	Afectan al tronco y a la raíz, y se alimentan de la sabia de la planta menguando su vida, hasta el punto de poder producir la muerte del cafeto. Además del daño que ocasionan a la planta de café, no quedan exentos algunos de sus cultivos asociados como el guabo, banano y cítricos. Cuando ataca a la planta, esta empieza a adquirir un color amarillento y sus hojas empiezan a caer.	Esta plaga está asociada con las hormigas, por lo que habrá que revisar que no haya colonias de hormigas en la base del tallo. Si el árbol afectado se encuentra en producción (posterior a los dos años), lo recomendable será sustituirlo.



**Figura 44:** Eliminación de cochinilla mediante aceite vegetal (elaboración propia)

La Tabla anterior muestra las principales plagas existentes en Ecuador, no obstante, existen otras, que aunque en menor escala, también afectan a los cafetos como es el caso de la cochinilla (Figura 44).

#### **3.4.12.2 Control de enfermedades**

El cultivo de café se encuentra expuesto a la influencia de una serie de factores bióticos (hongos, bacterias, nematodos, etc.) y abióticos (temperatura, luz, humedad, sequía, etc.) en las diferentes fases del cultivo. En general, el manejo integrado de las enfermedades comprende generalmente cuatro fases: control del inoculo, manejo del hospedador, manejo de los factores del ambiente y uso de pesticidas (CORECAF, 2000).

Las principales enfermedades presentes en Ecuador (Tabla 37) son: la roya del café, la mancha de hierro, la malla y el mal de hilachas, esta última muy común en muchas plantaciones del país.

**Tabla 37:** Enfermedades de mayor incidencia en Ecuador (CORECAF, 2000).

Nombre común	Nombre científico	Condiciones propicias	Daños	Control
Roya del café	<i>Hemileia vastatrix</i>	Hongo de fácil diseminación (por viento, lluvia, insectos y hombre). Suele manifestarse en zonas cálidas de baja altitud, con exceso de sombreamiento y humedad.	En el envés de la hoja aparecen unas manchas amarillas que crecen rápidamente y son cubiertas por un polvo naranja (esporas del hongo). En el haz se manifiestan como manchas amarillas de igual tamaño. Cuando el daño es grave se produce la defoliación de las hojas afectadas produciendo la pérdida de vigor de la planta. Esto conlleva la reducción de futura producción y una maduración desigual.	Mediante un adecuado abonado (antes de la floración y después de la cosecha) que mantenga vigorosas a las plantas. La fertilización mediante potasio y magnesio con el fin de fortalecer el follaje. Uso de variedades resistentes a este hongo. Las prácticas culturales como la poda y control de malezas, que permiten favorecer la aireación del cultivo y disminuir la humedad.
Mal de hilachas	<i>Pellicularia koleroga</i>	Enfermedad abundante en los cafetales ecuatorianos. Típica de plantaciones con abundancia de sombra y humedad. El hongo durante la época seca se encuentra inactivo.	Al comienzo, la hembra (de color oscuro) se incorpora al tallo y ramas, luego se desplaza hacia los frutos y hojas (donde provoca el daño) formando una capa blanca que posteriormente adquiere una tonalidad negruzca. Finalmente las hojas se secan.	El control cultural es muy útil. Las podas de las especies de sombrío, así como la eliminación de malezas, contribuirán a una mayor entrada de luz y una adecuada ventilación, lo que conlleva a una disminución de la humedad.
Chasparria o Mancha de hierro	<i>Cercospora coffeicola</i>	Se manifiesta en cafetales desnutridos y a plena exposición solar. Si afecta a los almacigales, las pérdidas son mucho mayores, ya que provoca graves defoliaciones. También suele asociarse a las etapas de juventud de las plantas de café.	Al inicio se manifiesta como manchas rojizas en las hojas que posteriormente adquieren un color grisáceo. En los frutos se aprecian unas manchas hundidas de color negruzco sobretodo en zonas expuestas al sol. Si ataca al fruto joven, estos caen precozmente, y si lo hace cuando estos ya están maduros, entonces la pulpa puede entrar en la semilla dificultando el futuro beneficiado.	Las deficiencias en potasio parecen ser una de las causas de la aparición de la mancha de hierro, por lo que lo recomendable sería una buena nutrición desde el inicio de la plantación y el uso de abonos con altos contenidos el potasio.
Malla o Maya	<i>Rosellinia sp</i>	Aparece en zonas de viejos cafetales o bosques antiguos donde los desechos vegetales son abundantes, por lo que se la relaciona con zonas de alto contenido en materia orgánica. Además también está vinculada con zonas de elevada húmeda.	Los hongos se reproducen en el suelo y atacan primordialmente a la raíz. Las hojas se vuelven amarillentas y se marchitan, y las ramas comienzan a morir. Por norma general, ocasionan la muerte de los cafetos dañados.	Eliminar el material afectado por el hongo. Si el cafetal está asociado con yuca también eliminar el material afectado, ya que, también es una especie a la que ataca. Control de malezas y sombra con el fin de favorecer la entrada de luz solar. En los viveros no utilizar suelos en los que estaban instaladas las plantas afectadas.

Muchas de las enfermedades a las que se enfrenta la caficultura ecuatoriana se deben al mal manejo del cultivo. En muchas ocasiones, la deficiente nutrición de los cafetales, la mala regulación de la sombra, y la carencia de podas y desyerbes contribuyen a incrementar esta problemática.

### 3.4.13 Control de malezas

El control de malas hierbas, en términos de agricultura sostenible, debe interpretarse como disminuir la competencia hacia el cultivo, sin llegar a los extremos de suelos totalmente desprovistos de las mismas, expuestos a la erosión, pero tampoco que el nivel de malezas sea tal que afecte de forma negativa a la plantación (ICAFE, 1998).

Las malezas mediante un adecuado control integrado pueden generar muchos beneficios, por ejemplo: sirven de alimento para animales, proporcionan cobertura al suelo disminuyendo la erosión, albergan a fauna beneficiosa, se pueden utilizar para la generación de abonos, etc.

Durante los dos primeros años de vida del cafeto, es recomendable controlar las malas hierbas cercanas a los cafetos, evitando la competencia por el agua, luz y nutrientes, para que se asegure el buen desarrollo de la plantación futura.

El manejo de malezas se puede realizar mediante diferentes métodos:

**Control cultural:** Consiste en realizar una serie de labores para imposibilitar el establecimiento de malas hierbas cerca de zonas en las que el árbol de café se está volviendo improductivo por la competencia de luz, agua, nutrientes y espacio.

El crecimiento de malezas se puede evitar mediante varias técnicas culturales como: establecer altas densidades de árboles, y uso de coberturas como la hojarasca y las ramas procedentes de las podas.

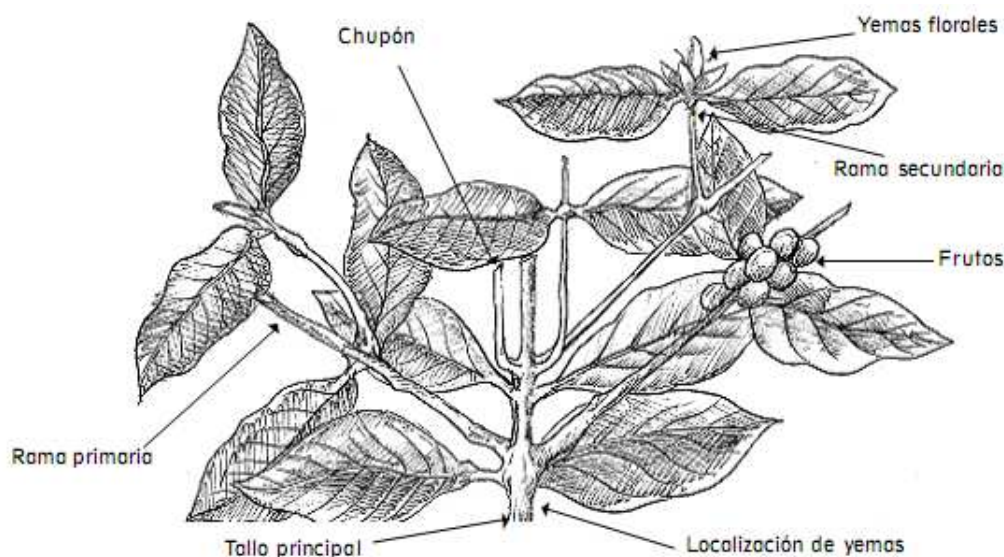
**Control mecánico:** Consiste en la eliminación de malas hierbas por medio de utensilios como el machete, la pala, etc. La problemática que desencadena esta técnica, es una dispersión de malezas, ya que, favorece el rebrote de las mismas cuando se utiliza el machete. En cambio, cuando se utiliza la pala, se puede llegar a dejar el suelo desprotegido fomentando la erosión.

**Control químico:** Es el control más caro, aunque implica menor mano de obra. El glifosato es uno de los herbicidas más utilizados en el mundo para la eliminación de malezas. El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) recomienda la utilización de este herbicida en dosis de dos a cuatro litros por hectárea, siendo mayor la dosis para especies perennes, como es el caso del café. En agricultura ecológica esta técnica está prohibida.

### 3.4.14 Podas de cafetos

La poda del cafetal es una tarea muy importante para garantizar el aumento y regulación de la cosecha a largo plazo. Asimismo, tiene como objetivos evitar el agotamiento temprano del cafeto, mejorar la calidad del grano, facilitar su recolección, etc.

Para entender cómo se poda un cafeto, se deben tener ciertos conocimientos sobre el crecimiento del mismo (Figura 45).



**Figura 45:** Crecimiento del caféto (Fischersworrng y Robkamp, 2001).

Existen varios tipos de podas (Tabla 38): podas de formación y podas de conservación o mantenimiento, y ambas son complementarias. La primera se realiza durante los primeros años de vida del caféto, y tiene como objeto dar forma al arbusto y obtener la altura que le convenga al productor. La segunda, es posterior a la poda de formación y se practica durante toda la vida del cafetal con el fin de mejorar las condiciones productivas del cultivo.

Cuando las plantaciones cafetales han disminuido considerablemente su producción es conveniente llevar a cabo lo que se llaman podas de renovación (recepa), que consiste en cortar el árbol a unos 30 cm aproximadamente del suelo, con la finalidad de renovar los tejidos productivos.

**Tabla 38:** Sistemas de poda de cafetos (Fischersworrng y Robkamp, 2001).

	<b>Podas de formación</b>	<b>Podas de conservación</b>	<b>Podas de renovación</b>
Libre crecimiento	NO	Deschuponar	Recepa
Agobio	Inclinar el arbusto antes de que supere los 50 cm de altura para estimular la formación de tallos múltiples. Seleccionar 3 o 4 chupones.	Eliminación de tallos viejos por nuevos. Eliminar cada año uno de los viejos para favorecer la formación de nuevos ejes (chupones).	Recepa
Descope	Descopar el café durante 3 a 4 años hasta alcanzar una altura comprendida en 1,5 a 2 m.	Eliminar chupones cada seis meses. Despuntar ramas primarias y secundarias para evitar el autosombreamineto.	Recepa

Cuando se cuente con fincas pequeñas, el mejor sistema es el de poda individual o selectiva. Consiste en realizar una cuidadosa selección, diferenciando entre material improductivo,



medianamente productivo y productivo. Esta técnica es la más difundida entre los países productores de café y además parece ser la que mayor productividad genera a posteriori.

Otro sistema de poda utilizado, cuando se cuenta con grandes extensiones de cultivo tecnificado, es el de poda sistemática, que consiste en realizar esta actividad por hileras o lotes mediante podadoras.

### **3.5 PRODUCCIÓN DE LOS CAFETALES ECUATORIANOS**

El café (*Coffea* sp.) representa uno de los principales productos agrícolas en Ecuador, sin embargo el rendimiento productivo del cultivo es muy bajo (195,5 kg/ha) al compararlo con otros países de Sudamérica como Brasil y Colombia (1140,2 y 1896,7 kg/ha, respectivamente) (FAO, 2009).

En lo que respecta a la superficie establecida de este cultivo, hasta el año 2000 se estimaba que en Ecuador las plantaciones se distribuían en 127.000 unidades de producción equivalentes aproximadamente al 20% de la superficie cultivable del país (López Domínguez & Zurita, 2000).

La producción de café en Ecuador es generalmente una actividad familiar, que demanda mucha mano de obra y genera mucho empleo, tanto en zonas rurales como urbanas, pues, además de las labores propias del campo, hay que tener en cuenta las actividades de comercialización, transporte, preparación del grano para la exportación y los procesos de industriales sobre dicho producto.

Las tres grandes zonas productoras del país son: la Amazonía ecuatoriana, Manabí y la región sur (Loja, El oro y Zamora Chinchipe). La familias productoras son aproximadamente 105.000, de las cuales, el 80% disponen de menos de 5 hectáreas, el 13% posee entre 5 y 10 hectáreas y el 7% más de 10 hectáreas. El productor cafetalero ecuatoriano consiste en un minifundista, con acceso limitado al crédito y con poca capacidad de inversión, lo que propicia los bajos rendimientos del cultivo.

Otras causas de la baja productividad de los cafetales en Ecuador son:

La gran crisis mundial del café de los años 1999-2002 que afectó en gran medida a la productividad de café en Ecuador, y que ocasionó la retirada del campo de muchos productores. Muchos emigraron al extranjero en busca de mejores condiciones de vida, y otros se establecieron en otras regiones ecuatorianas para trabajar en sectores más beneficiosos.

La falta de conocimiento de los tipos o cultivares de café sembrados en las diferentes zonas encontrándose en las plantaciones una mezcla de variedades, lo cual afecta a la comercialización y calidad del producto.

La incipiente tecnificación que generalmente no considera una oportuna fertilización, aplicación del riego, prevención y control de enfermedades, desarrollo de podas sanitarias y de formación, renovación de cafetales que en la actualidad presentan una edad promedio de 25 años (COFENAC, 2011).

Y la poca capacidad organizativa que presentan los productores del país, sólo el 5% pertenecen a asociaciones de productores.

La provincia de Loja es una de las pioneras en producción de café arábica, dentro de ésta especie existen diversos cultivares que se han establecido a través del tiempo en esta región incluyendo a la parroquia Vilcabamba del cantón Loja. En el Censo Agropecuario realizado en el año 2000, la provincia de Loja contaba con 29.500 hectáreas sembradas, lo que correspondía al 14% de la producción de café en Ecuador y la colocaba en la segunda provincia con más superficie y producción del país; sin embargo, en el año 2008 la superficie destinada al cultivo era de 18.220 hectáreas, con una representación en la producción del país del 10% (INEC, 2008), lo que denota la importante bajada de superficie y producción, debida especialmente a la crisis del café.

Actualmente esta tendencia negativa está cambiando, gracias a que actualmente los precios internacionales han aumentado considerablemente, lo que ha propiciado la vuelta al campo del cafetalero ecuatoriano.

Cabe destacar, que Ecuador es un país que debe competir por la calidad y no por la cantidad de este producto, ya que son otros países, de mayores dimensiones y más tecnificados como Brasil y Colombia, los que producen a gran escala. Por ello, modelos de producción orgánica, de comercio justo y gourmet, como los que se emplean en Vilcabamba, Galápagos y la Amazonía ecuatoriana deben ser un modelo a seguir.

### **3.6 COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO**

En Ecuador, la comercialización está marcada por un gran número de intermediarios locales que compran el café a los productores en todas sus formas (en cereza, pergamino, etc.), antes de que este se exporte o llegue a las industrias transformadoras. Los intermediarios van pasando por las fincas cafetaleras en busca de comprar la próxima cosecha, e incluso pagan antes de la misma, proporcionando al agricultor un medio de subsistencia antes del acopio. Por norma general, la forma de pago es al contado, y en el caso de la compra anticipada, el acuerdo agricultor-intermediario es totalmente informal.

Si el mercado de café está al alza, los pequeños intermediarios pueden llegar a sacar incluso 10\$ por quintal, sin embargo, lo más común es que los beneficios sean de 1 a 2\$ por quintal.

Cuanto más volumen posean los intermediarios, más ganarán, por lo que, en muchas ocasiones, introducen cascara de café, y otros productos para conseguir mayor volumen. Este tipo de actuaciones fomentan que se degrade la imagen del café del país.

Una vez los intermediarios tienen un volumen considerable lo venden a los grandes comerciantes, y estos a las grandes industrias o a exportadores.

En ciertas zonas, las asociaciones de productores son las únicas que hacen sombra a los pequeños intermediarios. Sin embargo, cuando el precio de café es alto, muchos de los productores poco comprometidos, pertenecientes a asociaciones, venden sus cosechas según les convenga, propiciando que las sociedades de productores no puedan negociar, ya que, no tienen constancia del volumen que tendrán. Esto obstaculiza las relaciones entre las asociaciones y los compradores.

Además, en muchas ocasiones, la poca capacidad empresarial de las asociaciones, la falta de compromiso en cuanto a calidad de la cosecha por parte de los agricultores integrados, dificulta aún más la venta y la credibilidad del café del país.

Ahora mismo son 3600 productores del sur del país los que han mejorado la calidad del café mediante técnicas ecológicas. La problemática a la que se enfrenta la producción de café orgánico es que es un sector limitado, por lo que no se puede acoger a gran cantidad de productores. Asimismo, otros inconvenientes son: el desconocimiento del café ecuatoriano por parte de mercado exterior y los buenos precios que está experimentando el café convencional.

En la actualidad existen cinco grandes empresas exportadoras de café tradicional: (Exportadora Ayuta (34%), Ultramares-Grupo Noboa (22%), Expigo (19%), F. Bustamante (7%) y Progransa (5%) y dos pequeñas destinadas a la exportación de cafés especiales (KAVECAFE (3%) y FAPECAFES (4%)). Y el café del país se destina a cinco grandes multinacionales cuyos consumidores finales son Estados Unidos (58%), Alemania (13%) y España (7%) (CORECAF, 2005).

#### **4. PRINCIPALES ORGANISMOS QUE INTERVIENEN EN EL SECTOR CAFETALERO ECUATORIANO**

Las entidades de mayor importancia en la caficultura ecuatoriana son seis (Morocho, 2003):

**COFENAC (El Consejo Cafetalero Nacional):** Creada en 1995 con el fin de organizar y dirigir la política cafetalera del país. Las principales funciones de COFENAC son: La de verificar el tipo de grano declarado en el Formulario Único de Exportación (FUE) y emitir el respectivo certificado de calidad de la variedad del café. Además se encargan de realizar muestreos en el puerto de embarque del producto y de disponer la conformación de una comisión interinstitucional para fijar los precios mínimos referenciales (FOB) de exportación de café.

**FENACAFE (Federación Nacional de Cooperativas Cafetaleras del Ecuador):** Su función es representar a los caficultores ecuatorianos. En esta entidad se agrupan las cooperativas de cada una de las provincias cafetaleras.

**ANECAFE (Asociación Nacional de Exportadores Café):** Creada en 1984, con sede principal en Manta. Su función principal es agrupar, organizar y apoyar a los exportadores y asociaciones de productores de café.

**OIC (Organización Internacional del Café):** Su sede se ubica en Londres y fue fundada en 1962 con la finalidad de acercar a productores y consumidores de café para debatir problemas relativos a las políticas y adoptar medidas correspondientes en el mercado. Actualmente la conforman 77 países, de los cuales, 45 son exportadores y 32 importadores.

**CORECAF (Corporación Ecuatoriana de Cafetaleros):** Fundada en 1998 con el fin de organizar, capacitar, defender y representar a los productores de café, desarrollar alianzas estratégicas, difundir y gestionar políticamente, y mejorar la productividad y calidad de café del país, para poder competir tanto a nivel nacional como internacional.

**INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias):** Su función consiste en investigar sobre los diversos problemas de los cultivos en Ecuador. Los objetivos de este organismo son: tratar de disminuir los costos de producción de los cultivos nacionales, mejorar la eficiencia en los cultivos de exportación y suministrar productos de transformación a la industria.

## 5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Como la zona sur ecuatoriana es muy amplia (aunque una parte del estudio se haya realizado sobre toda ella), el presente proyecto tiene como objetivo ser ejecutado en una pequeña asociación llamada APECAEL (Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del Cantón Loja) que se encuentra integrada en FAPECAFES (Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur).

### 5.1 FEDERACIÓN DE ASOCIACIONES DE PEQUEÑOS CAFETALEROS ECOLÓGICOS DEL SUR (FAPECAFES)

Asociación creada con la perspectiva de mejorar la comercialización de cafés especiales, tanto a nivel nacional como internacional. La conforman productores ubicados en el sur ecuatoriano. Las provincias que abarca FAPECAFES son: Loja, El Oro y Zamora Chinchipe.

Las asociaciones que forman parte de la misma son 7 (Tabla 39) y se encuentran distribuidas por las tres provincias.

**Tabla 39:** Asociaciones que forman parte de FAPECAFES (FAPECAFES, 2011).

ASOCIACIÓN	PROVINCIA	LUGAR	SOCIOS
PROCAFEQ	Loja	Quilanga, Espíndola, Gonzanamá, Calvas y Sozoranga	389
PROCAP	Loja	Puyango	225
APECAP	Zamora Chinchipe	Palanda	186
APECAM	El Oro	Marcabelí	450
APECAEL	Loja	Vilcabamba, Yangana y Malacatos	125
APEOSAE	Zamora Chinchipe	Amazonía	350
ACRIM	Zamora Chinchipe	Chinchipe	183
TOTAL			1908

Todas las asociaciones poseen la misma estructura. Los productores se encuentran dentro de un grupo de interés (dentro de una asociación pueden haber varios), en el cual hay: un presidente, un vicepresidente, un tesorero y una secretaria. Los presidentes y tesoreros de cada grupo de interés se reúnen cada dos meses. Los dirigentes de cada asociación se reúnen una vez por mes para comentar temas relativos al funcionamiento y comercialización.

Cada asociación cuenta con un centro de acopio, en el que los propios socios realizan el beneficio húmedo. El café defectuoso es vendido al intermediario local.

Para poder pertenecer a FAPECAFES es indispensable que la organización de base pertenezca también a CORECAF (Corporación Ecuatoriana de Cafetaleros). Cada mes se reúnen los representantes de la Federación con 2 miembros de la directiva de cada asociación, con la finalidad llegar a acuerdos referentes a cuestiones de mercado.

El precio que perciben los productores (Tabla 40) es el precio de venta FOB (Free on Board), del cual se descuenta el coste del funcionamiento de FAPECAFES y de la asociación base.

**Tabla 40:** Evolución de precios al productor pagados por FAPECAFES (\$/quintal) (FAPECAFES, 2011).

Tipo de café	2004	2006	2007	2008	2009
Convencional	62	97	90	134	120
Fair Trade	102	103	111	130	130
Orgánico	67	95	130	155	163
Orgánico TF	115	117	130	155	163

En el año 2009, FAPECAFES exportó más de 1.700.000 dólares, equivalentes a más de 9.000 quintales de café; sin embargo, para no depender de apoyo externo, necesitaría vender 16.000 quintales.

### 5.1.1 Analisis DAFO

La Matriz DAFO (Tabla 41), permite identificar las fortalezas y oportunidades que posee la Federación, con el fin de buscar posibles formas de explotarlas y aprovecharlas; además muestra las debilidades y amenazas a las que se enfrenta, permitiendo buscar fórmulas para intentar detenerlas.

**Tabla 41:** Análisis DAFO de la Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur (FAPECAFES)

DEBILIDADES	AMENAZAS
Incapacidad de desvinculación con organizaciones externas	Fuerte influencia de intermediarios locales sobre los productores
Demanda de café superior a la oferta	Variabilidad climática y acusada deforestación que afectan a la cantidad y calidad del café
Problemas logísticos	Perdida de líderes que son captados por otras empresas
Falta de liquidez	Poco interés por parte de muchos socios en la mejora de calidad de sus cafés
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Calidad del café con gran reconocimiento	Aumento de la demanda de cafés especiales
Demanda de café por parte de países Europeos y Estados Unidos	Acceso a créditos internacionales
Calidad de café diferenciada por zonas	Tecnologías de producción de café orgánico adaptables y aplicables
Adecuadas infraestructura y equipamiento	Áreas con condiciones, geográficas y agroecológicas aptas para producir cafés de calidad
	Diversificación de fincas que proporcionan otros productos con buena aceptación en el mercado (chifles de plátano)

### **Debilidades:**

Actualmente la Federación sigue dependiendo en un 20% del apoyo externo. Para poder desvincularse de estas organizaciones debería producir y vender más. Los organismos de los que depende son los siguientes:

VECO (Vredeseilanden Country Office en la región Andina): Organización no gubernamental belga, que cuenta con oficina en Ecuador y cuyo objetivo es trabajar en el fortalecimiento de la soberanía alimentaria y desarrollo de cadenas sostenibles de productos agrícolas en Ecuador, Bolivia y Perú.

GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit): Cooperación técnica alemana, cuyo aporte se centra en el apoyo a la definición de políticas estatales coherentes y sostenibles, una redistribución de funciones entre instituciones públicas y privadas con un fortalecimiento de las instituciones, una mayor cooperación interinstitucional y la eficiente prestación de servicios básicos en ambos programas.

CTB (Cooperación Técnica Belga): Es la agencia belga para el desarrollo cuya misión es conseguir una sociedad que ofrezca a las generaciones actuales y futuras medios necesarios para construir un mundo más justo y sostenible.

Otro problema al que se enfrenta la Federación, es que la baja productividad de muchas de sus fincas agudiza la incapacidad de FAPECAFES para hacer frente a la demanda creciente de cafés especiales.

### **Amenazas:**

Las principales amenazas se encuentran ligadas a los socios de las asociaciones, y son debidas: a la pobreza a la que se enfrentan, al poco interés de mejorar la calidad de sus cafés y a la venta a intermediarios locales en vez de a la propia asociación. En ocasiones, cuando el mercado de café está en alza, los intermediarios pueden ofrecer un mejor precio a los productores, lo que perjudica en gran medida a FAPECAFES y a sus contactos comerciales.

Los cambios climáticos drásticos, la gran deforestación de la zona y otras muchas causas, han ocasionado pérdidas en la calidad y la cantidad de café, lo que ha propiciado la tendencia a la baja de la producción entre los años 2004 (11.707 quintales) y 2009 (9.142 quintales).

### **Fortalezas:**

Gracias al empleo de adecuadas infraestructuras y equipamiento, y a la conciencia adquirida de producción sostenible con el medioambiente, la Federación ha conseguido hacerse un hueco a nivel mundial. Países de la Unión Europea y Estados Unidos son a los que se destina el 85 % de la producción.

La diferenciación de cafés por zonas, es otro atractivo que brinda, pudiendo ofrecer una gran oferta de diferentes cafés de calidad.

### Oportunidades:

Entre las grandes potencialidades de FAPECAFES, cabe destacar el posicionamiento exterior que ha conseguido en tan pocos años, lo que ha generado confianza y por ello facilidad para adquirir diversos créditos internacionales.

Las aptas condiciones agroclimáticas de la zona permiten el establecimiento de gran diversidad de cultivos. Esto ha contribuido a que los socios tengan menor dependencia sobre el café y a la entrada de nuevos productos con muy buena aceptación en el mercado.

### 5.1.2 Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del Cantón Loja (APECAEL)

Esta asociación (Figura 46) se encuentra formada por 125 socios y por 13 grupos de interés: Solanda, Chaupi, San Pedro, Cucanamá Alto, Cucanamá Bajo, Movococha, Pueblo Nuevo, Malacatos, Rumizhitana, Potopamba, Asociación de Productores 25 de Noviembre de Chalaca, Alianza de Agricultores Orgánicos del Cantón de Loja (ALIAGRO), Asociación de Fruticultores de Yangana (AFRUYAN), Asociación de Trabajadores Agrícolas Autónomos, La Palmita (ATAP) y Asociación de Productores Ecológicos de Café Especial de San Pedro de Vilcabamba (APECASAP). Todos estos grupos pertenecen a las parroquias de Vilcabamba, San Pedro de Vilcabamba, Yangana, Malacatos y Quinara.



**Figura 46:** Productores de APECAEL realizando operaciones de transporte y beneficio, y Sede de la asociación APECAEL (Figura de la izquierda: Fundación Colinas Verdes, Figura de la derecha: elaboración propia).

Los objetivos de la asociación son:

**Mejorar la calidad y productividad de sus cafetales** mediante técnicas sostenibles, renovación constante de sus cafetales y proceso de beneficiado ecológico.

**Intervenir en la comercialización** y conseguir una mejora económica para sus socios.

**Promover el uso sostenible de sus fincas** mediante la conservación de los recursos naturales de la zona.

**Fomentar la diversificación de las fincas**, con el fin de tener varios ingresos, no sólo el referente al cafetal.

Gracias a la labor de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), se concretó una entrevista con uno de los grupos de interés, el de San Pedro de Vilcabamba. Se acudió con el Ingeniero Humberto Vinicio Carrión, quien dio una pequeña charla acerca del presente estudio, además de otros posibles proyectos que podrían ejecutarse en la región si se consiguiese la financiación necesaria. Los productores, al comienzo, mostraron su desencanto, pues en varias ocasiones han recibido a ONGs y organizaciones de todo tipo que han prometido numerosos proyectos que finalmente no se han llevado a cabo.

Concluida la charla, los socios resultaron muy contentos con las ideas presentadas, por lo que se prosiguió a entregar una encuesta (Figura 47) acerca de sus cafetales. En un primer momento parecía que podría haber colaboración por parte de los socios, que requería que cada uno transmitiera la misma, a los productores cercanos a sus fincas. Por desgracia esta encuesta no fue devuelta al personal de la UTPL.

Sin embargo, se espera que en un futuro próximo este proyecto en complementación con otros estudios por parte de la UTPL, puedan dar sus frutos y generar grandes mejoras socioeconómicas en esta región.



Para la ejecución adecuada del proyecto, se necesitaría el apoyo y trabajo conjunto de APECAEL y la UTPL, con el fin de poder realizar un estudio más detallado que cuente con: un muestreo y análisis de suelos, instalación de parcelas experimentales en las que se llevaría a cabo un seguimiento y evaluación de los cafetos durante el desarrollo fenológico (teniendo en cuenta la fertilización, riego y control del plagas y enfermedades), una caracterización morfológica y genética, y una zonificación más precisa.

Con la finalización del estudio, se conseguiría mejorar el sector cafetalero de esta zona, gracias a que los habitantes de la región dispondrían de un instrumento útil (del que ellos han sido partícipes) para la mejora de la producción de sus cultivos y elegir la variedad más adecuada para esa zona específica. La continuidad en la ejecución del proyecto, podría beneficiar no sólo a sus habitantes, sino también a todo el sur ecuatoriano, ya que una de sus actividades principales es el cultivo del café.

Vilcabamba es una zona actualmente en auge no sólo por su belleza y fertilidad, sino también porque es llamado el valle de la longevidad. En esta zona hay numerosos habitantes que sobrepasan los 100 años de edad, y por ello hay extranjeros que han decidido asentarse en sus alrededores. Muchos ecuatorianos poseen tierras sin explotar no sólo en Vilcabamba, sino también en muchas zonas del sur ecuatoriano, algunos de los cuales se encuentran viviendo en la actualidad fuera del país. Posiblemente, este modelo de proyecto podría contribuir a que muchos de los ecuatorianos asentados en el exterior, decidieran volver a invertir en el establecimiento de plantaciones en estas zonas, ahora con más criterios agronómicos y comerciales.



**Figura 47:** Encuesta realizada a los socios de APECAEL en febrero del 2011.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA (UTPL)			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (UPM)
ENCUESTA A PRODUCTORES DE CAFÉ			

1. DATOS GENERALES

APELLIDOS		NOMBRES									
CÉDULA No.	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>									SECTOR	
TELÉFONO		ASOCIACIÓN A LA QUE PERTENECE									

2. DISPONIBILIDAD Y USO DEL SUELO

SUPERFICIE DE TERRENO TOTAL QUE DISPONE	Has	ACTIVIDAD AGROPECUARIA PRINCIPAL	A) CULTIVOS	<table border="0"> <tr><td>Café</td><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td>Caña de azúcar</td><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td>Hortalizas</td><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td>OTROS (Especifique):</td><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td></td><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td></tr> </table>	Café		Caña de azúcar		Hortalizas		OTROS (Especifique):			
Café														
Caña de azúcar														
Hortalizas														
OTROS (Especifique):														
			B) GANADERÍA											

3. VARIEDADES Y SUPERFICIE DE CAFÉ CULTIVADAS

¿QUÉ VARIEDAD DE CAFÉ CULTIVA?	TYPYCA O COMÚN	Especifique en Has.	INDIQUE ESPECIES ASOCIADAS AL CAFÉ	Nombre	¿Por qué la ha asociado?
	CATURRA		1.		
	BOURBON		2.		
	CATIMOR		3.		
	OTROS (Especifique):		4.		
	TOTAL		5.		
			6.		

4. FENOLOGÍA

NOMBRE DE LA VARIEDAD 1 SEMBRADA		EDAD DEL CAFETAL		años
¿EN QUÉ MES FLORECE?		DURACIÓN DE LA FRUCTIFICACIÓN		meses
¿EN QUÉ MES COSECHA?		¿QUÉ TIEMPO DURA LA COSECHA?		días

---

NOMBRE DE LA VARIEDAD 2 SEMBRADA		EDAD DEL CAFETAL		años
¿EN QUÉ MES FLORECE?		DURACIÓN DE LA FRUCTIFICACIÓN		meses
¿EN QUÉ MES COSECHA?		¿QUÉ TIEMPO DURA LA COSECHA?		días

## ANEJOS A LA MEMORIA: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

<b>NOMBRE DE LA VARIEDAD 3 SEMBRADA</b> _____ <b>¿EN QUÉ MES FLORECE?</b> _____ <b>¿EN QUÉ MES COSECHA?</b> _____	<b>EDAD DEL CAFETAL</b> _____ años <b>DURACIÓN DE LA FRUCTIFICACIÓN</b> _____ meses <b>¿QUÉ TIEMPO DURA LA COSECHA?</b> _____ días	
--	---	--

<b>NOMBRE DE LA VARIEDAD 4 SEMBRADA</b> _____ <b>¿EN QUÉ MES FLORECE?</b> _____ <b>¿EN QUÉ MES COSECHA?</b> _____	<b>EDAD DEL CAFETAL</b> _____ años <b>DURACIÓN DE LA FRUCTIFICACIÓN</b> _____ meses <b>¿QUÉ TIEMPO DURA LA COSECHA?</b> _____ días	
--	---	--

### 5. USO DEL RIEGO

<b>¿DISPONE DE RIEGO EN SU FINCA?</b> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>¿APLICA RIEGO EN SU CULTIVO <u>CAFÉ</u>?</b> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
<b>SUPERFICIE QUE RIEGA DE CAFÉ</b> _____ Has	<b>MÉTODO DE RIEGO QUE UTILIZA EN SU CULTIVO DE <u>CAFÉ</u></b> GRAVEDAD <input type="checkbox"/> ASPERSION <input type="checkbox"/> GOTEIO <input type="checkbox"/> OTRO (Especifique): _____	Tiempo que riega/día _____ Tiempo que riega/día _____ Tiempo que riega/día _____
<b>¿CUÁL ES LA FUENTE DE AGUA PARA RIEGO?</b> CANAL DE RIEGO <input type="checkbox"/> QUEBRADA <input type="checkbox"/> POZO O VERTIENTE <input type="checkbox"/> OTROS (Especifique): _____		

### 6. ASPECTOS DE PRODUCCIÓN EN CAFÉ

<b>¿CUÁNTOS JORNALES OCUPÓ EN SU PARCELA DE <u>CAFÉ</u>?</b> _____	<b>¿CUÁL FUE EL <u>PRINCIPAL</u> PROBLEMA/S DEL CULTIVO EN LA ÚLTIMA TEMPORADA?</b> ENFERMEDADES <input type="checkbox"/> INSECTOS O PLAGAS <input type="checkbox"/> EXCESO DE LLUVIA <input type="checkbox"/> OTROS (Especifique) _____ _____ _____	
<b>¿RENUOVA SU CAFETAL?</b> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	<b>¿CADA CUANTO TIEMPO RENUOVA SU CAFETAL?</b> _____ años	<b>¿POR QUÉ LO RENUOVA?</b> _____ _____ _____
<b>¿DE DÓNDE PROVIENEN LAS PLANTULAS DE <u>CAFÉ</u> PARA LA SIEMBRA?</b> DE SU MISMA FINCA <input type="checkbox"/> COMPRA EN VIVERO <input type="checkbox"/> OTROS (Especifique): _____		

## ANEJOS A LA MEMORIA: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

NÚMERO DE PODAS/AÑO	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<b>FERTILIZACIÓN</b>	SI <input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/> NO <input style="width: 20px; height: 20px;" type="checkbox"/>	¿CON QUÉ FERTILIZA?	<input style="width: 90%;" type="text"/>
DISTANCIA DE SIEMBRA DEL CULTIVO	A) DISTANCIA ENTRE SURCOS	<input style="width: 100px;" type="text"/>	(metros)		
	B) DISTANCIA ENTRE PLANTAS	<input style="width: 100px;" type="text"/>	(metros)		

**7. ASPECTOS FITOSANITARIOS**

¿QUÉ INSECTOS ATACAN EN SU CAFETAL? 1 <input style="width: 150px;" type="text"/> 2 <input style="width: 150px;" type="text"/> 3 <input style="width: 150px;" type="text"/>	¿CON QUÉ LO CONTROLAN? 1 <input style="width: 150px;" type="text"/> 2 <input style="width: 150px;" type="text"/> 3 <input style="width: 150px;" type="text"/>
¿QUÉ ENFERMEDADES ATACAN EN SU CAFETAL? 1 <input style="width: 150px;" type="text"/> 2 <input style="width: 150px;" type="text"/> 3 <input style="width: 150px;" type="text"/>	¿CON QUÉ LO TRATAN? 1 <input style="width: 150px;" type="text"/> 2 <input style="width: 150px;" type="text"/> 3 <input style="width: 150px;" type="text"/>

**8. COMERCIALIZACIÓN**

¿CUÁNTO COSECHO EN TOTAL EN SU PARCELA DE CAFÉ LA ÚLTIMA VEZ? <input style="width: 100px;" type="text"/> sacos	¿CUÁNTO LE PAGARON POR SACOS EN LA ÚLTIMA TEMPORADA? <input style="width: 100px;" type="text"/> USD	¿QUÉ TAMAÑO DE CEREZA DE CAFE OBTUVO POR VARIEDAD SEMBRADA?  <table style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Grande</th> <th>Mediana</th> <th>Pequeña</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TYPYCA Ó COMÚN</td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>CATURRA</td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>BOURBON</td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>CATIMORO</td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>		Grande	Mediana	Pequeña	TYPYCA Ó COMÚN	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	CATURRA	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	BOURBON	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	CATIMORO	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>
	Grande	Mediana	Pequeña																			
TYPYCA Ó COMÚN	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>																			
CATURRA	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>																			
BOURBON	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>																			
CATIMORO	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>																			
¿CUÁNTAS COSECHAS TIENE AL AÑO? <input style="width: 40px; height: 30px;" type="text"/>	Indicar el Número de sacos <table style="width: 100%;"> <tr><td>Autoconsumo</td><td><input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>Mayoristas</td><td><input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>Agroindustria</td><td><input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>Mercado Local</td><td><input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/></td></tr> <tr><td><b>TOTAL</b></td><td><input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/></td></tr> </table>		Autoconsumo	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>	Mayoristas	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>	Agroindustria	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>	Mercado Local	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>	<b>TOTAL</b>	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>										
Autoconsumo	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>																					
Mayoristas	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>																					
Agroindustria	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>																					
Mercado Local	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>																					
<b>TOTAL</b>	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>																					
¿A QUIÉN LE VENDIÓ LA PRODUCCIÓN?	MEDIO DE TRANSPORTE DE LA COSECHA  <table style="width: 100%;"> <tr><td>ASÉMILA</td><td><input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>CAMIONETA</td><td><input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>CAMIÓN</td><td><input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>OTRO (Especifique):</td><td><input style="width: 150px;" type="text"/></td></tr> </table>		ASÉMILA	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>	CAMIONETA	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>	CAMIÓN	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>	OTRO (Especifique):	<input style="width: 150px;" type="text"/>												
ASÉMILA	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>																					
CAMIONETA	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>																					
CAMIÓN	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>																					
OTRO (Especifique):	<input style="width: 150px;" type="text"/>																					
DÍAS QUE PERMANECE ALMACENADA LA PRODUCCIÓN ANTES DE SER ENTREGADA <input style="width: 30px; height: 25px;" type="text"/>	ESTADO DE LOS CAMINOS VECINALES <input style="width: 150px;" type="text"/>																					

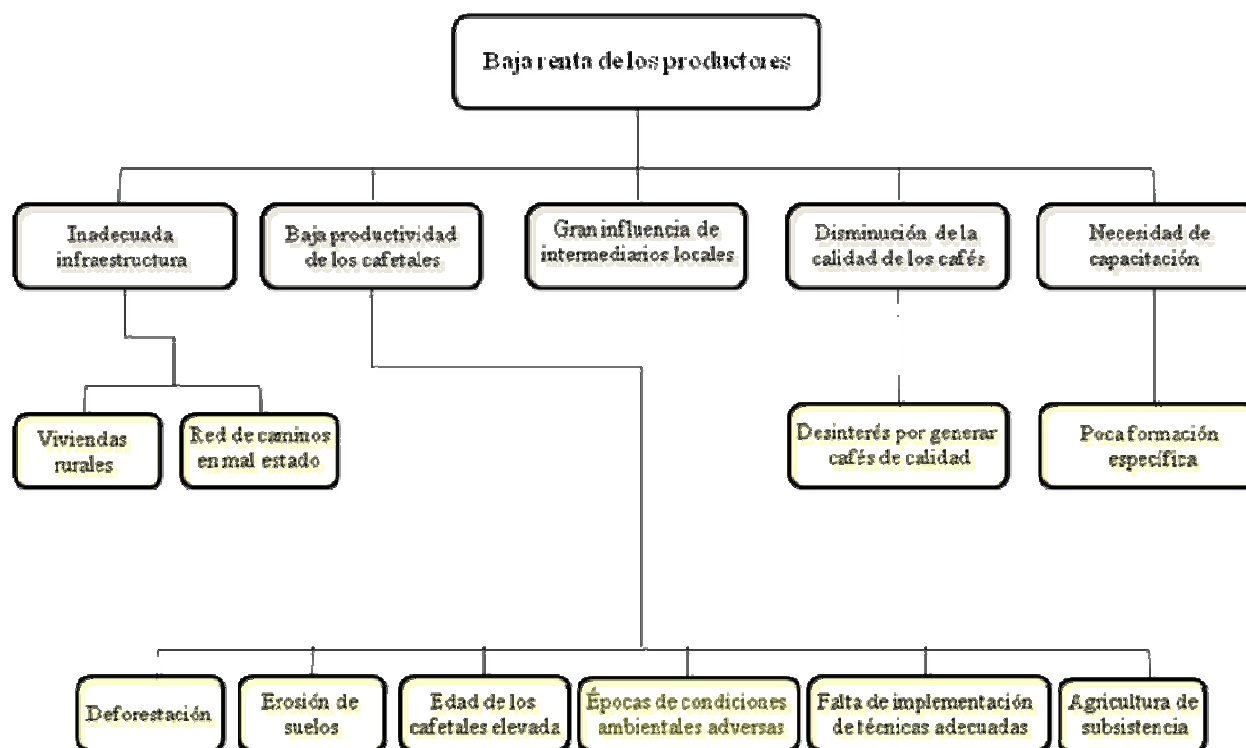
TIPO DE ALMACENAMIENTO  SAQUILLLOS O SACOS DE YUTE <input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>  BALDES O BOTES DE PLÁSTICO <input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>  LATAS DE METAL <input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>  OTRO (Especifique): <input style="width: 150px;" type="text"/>	<input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>  <input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>  <input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>  <input style="width: 40px; height: 25px;" type="text"/>
--	--

9. FUENTES Y DESTINO DE FONDOS DEL PRODUCTOR			
¿CUÁNTO CREE QUE INVIRTIÓ EN EL CULTIVO DE CAFÉ LA ÚLTIMA TEMPORADA?	US\$	<input type="text"/>	FUENTES DE FINANCIAMIENTO
			PROPIO <input type="text"/>
			PRÉSTAMO BANCARIO <input type="text"/>
			CHULCO <input type="text"/>
			FUNDACIONES <input type="text"/>
			OTRO (Especifique): <input type="text"/>
	Indicar el monto sólo del principal uso en US\$		
Gastos Básicos (Comida, Salud)	<input type="text"/>		
Educación de los hijos	<input type="text"/>		
Mejora de la Vivienda	<input type="text"/>		
Inversiones para Agricultura	<input type="text"/>		
Otro tipo de deudas	<input type="text"/>		
Otros usos (Especifique):	<input type="text"/>		
10. NIVEL EDUCATIVO			
PRIMARIA INCOMPLETA	<input type="text"/>	¿CUÁNTOS MIEMBROS CONFORMAN SU HOGAR?	
PRIMARIA COMPLETA	<input type="text"/>		
SECUNDARIA INCOMPLETA	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
SECUNDARIA COMPLETA	<input type="text"/>		
SUPERIOR	<input type="text"/>		

### 5.1.2.1 Análisis de problemas

El siguiente árbol de problemas (Figura 48), permitirá determinar las relaciones que existen entre un problema determinado de la asociación APECAEL y el resto.

Figura 48: Árbol de problemas de los productores de APECAEL (elaboración propia).



### 5.1.2.2 Matriz de planificación del marco lógico

MARCO LÓGICO	METAS	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<b>FIN</b>	Cooperar con los socios de APECAEL con el fin de mejorar la situación socioeconómica y medioambiental mediante tecnologías actuales.	Al finalizar el quinto año, el nivel socioeconómico de los socios habrá mejorado.	Encuestas a los productores y reuniones.	Los productores de café cada día poseen más conciencia medioambiental y ganas de aumentar el rendimiento de sus fincas.
<b>PROPOSITO</b>	Aumento de la producción de <i>Coffea arabica</i> mediante instrumentos que permitan tomar decisiones adecuadas a los productores en cuanto a la selección de variedades óptimas y al manejo de sus fincas según la zona específica.	Concluido el estudio una gran parte de los productores conocerán las variedades productivas y adecuadas para su zona, y el manejo del suelo específico para cada área.	Observación directa de fincas modelo en las que se testarán variedades adecuadas y utilizarán las recomendaciones obtenidas por el mapa de potencial. Además se escucharán testimonios de los productores y se harán encuestas.	Existe iniciativa para realizar estudios de este tipo, por parte de instituciones como FAPECAFES y otras entidades dedicadas al café.
<b>ACTIVIDADES</b>	Conocer la situación socioeconómica de los socios de APECAEL.	Elaboración de un estudio socioeconómico de la zona.	Encuestas a los productores y reuniones.	Encuesta elaborada y personal cualificado.
	Conocer mediante una caracterización morfológica y molecular (todavía en planificación y/o ejecución) las variedades existentes en la zona.	Se tomarán muestras vegetales de toda la región y se estudiarán a nivel de laboratorio.	Los resultados de las caracterizaciones.	Equipo de laboratorio e instrumentos para poder realizar las caracterizaciones.
	Saber qué condiciones edafológicas y climáticas hay en la región.	Realización de un muestreo de suelos de toda la zona con el fin de evaluar las propiedades físico-químicas de los mismos. Datos de estaciones meteorológicas.	Estudio de laboratorio.	Personal cualificado y medios necesarios.
	Establecimiento de parcelas experimentales en las que se llevará a cabo: un seguimiento fenológico, pruebas de fertilización orgánica, manejo de plagas y enfermedades y establecimiento de riego.	Se llevará a cabo un monitoreo de las etapas fenológicas, y se realizarán pruebas cambiando dosis de fertilizante y dosis de riego. También se pondrá en marcha un programa epidemiológico.	Histogramas de monitoreo del ciclo fenológico, álbumes fotográficos. Informes de laboratorio, facturas de fertilizantes y de material de riego, bases de datos.	Condiciones agroecológicas favorables para la producción de café, personal cualificado para la realización de las pruebas y estudios.
	Zonificación la parroquia Vilcabamba a nivel edáfico y climático con áreas potenciales para la producción de café.	Concluido el proyecto se contará con un mapa potencial para el cultivo del café.	Informes de laboratorio, bases de datos SIG 9.3.	Adecuado uso de herramientas SIG, personal cualificado y equipos adecuados.
	Transferencia de resultados a las familias productoras.	Transferencia de los resultados del estudio a los productores de café de la parroquia Vilcabamba.	Entrega de manuales elaborados por parte de la UTPL.	Propuesta bien considerada por parte de los socios productores.

### **III. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR ECUATORIANO**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

##### **1.1 CONCEPTO E IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS**

Los recursos fitogenéticos constituyen la diversidad genética correspondiente al mundo vegetal que contiene un gran valor presente y futuro. Dentro de este concepto se incluye las variedades de especies cultivadas (tradicionales y comerciales), especies silvestres y materiales derivados de trabajos de mejora genética (Esquinas-Alcázar, 1993).

Estos recursos constituyen la base para garantizar la seguridad alimentaria en el mundo y son la materia prima más importante de los fitomejoradores y agricultores (FAO, 2010). Por ello es de vital importancia su conservación, la cual se puede hacer *ex situ*, fuera del lugar donde se recolectó, por ejemplo en bancos de germoplasma; o *in situ*, que implica conservar el recurso en estado silvestre o en el lugar (INIAP, 2008).

No obstante, aún no se está al tanto de toda la variabilidad genética ni de las características agronómicas de estas poblaciones, por lo que, se hace indispensable la caracterización de los recursos fitogenéticos, permitiendo identificar genotipos importantes, conocer las características de utilidad para la fitotecnia de un cultivo, su mejoramiento genético y la información necesaria para mejorar su conservación (Cárdenas, 2007).

Se debe tener en cuenta que los recursos fitogenéticos poseen un valor incalculable, cuya pérdida supone un proceso irreversible que conllevaría una grave amenaza para la estabilidad de ecosistemas, el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria, por lo que, cada vez son más los países que están tomando consciencia de la gravedad que supone la erosión genética, y gracias a esto, se está empezando a llevar a cabo estrategias, tanto técnicas como políticas, para salvaguardar y manejar de modo racional la diversidad aún existente (Martín, 2001).

##### **1.2 RECURSOS FITOGENÉTICOS EN ECUADOR**

Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, sin embargo, sólo una ínfima parte de la diversidad está siendo aprovechada. Actualmente, es un país con poca información sobre el estado y distribución de especies silvestres y cultivos locales. Además, la decadencia de los hábitats es alarmante debido a la explotación de madera, la explotación petrolífera, etc. También esta degradación se ve en aumento debido a los monocultivos industriales, todo ello desencadenando una gran erosión genética (INIAP, 2008).

Debido a las dificultades del Estado ecuatoriano para combatir la pérdida de diversidad genética, han surgido organizaciones gubernamentales y no gubernamentales con el fin de reducir la erosión genética mediante acciones que favorezcan la conservación. Estas organizaciones están realizando proyectos en relación con estudios de diversidad, caracterización de germoplasma, estudios de fitomejoramiento y de erosión genética, etc. Algunas de estas instituciones son: el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología (DENAREF), el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el Centro Andino de Tecnología Rural (CATER), la Universidad Nacional de Loja (UNL), la Universidad de San Francisco de Quito (USFQ) y la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).

En el caso específico del café arábica, la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) está desarrollando conjuntamente con FAPECAFES un proyecto de caracterización del café en el Sur de Ecuador, cuyo objetivo, es la mejora y conservación del mismo.

### 1.3. DIVERSIDAD GENÉTICA DEL CAFÉ

El origen botánico del café es bastante desconocido. Según el número de cromosomas, el género *Coffea* se divide en dos grupos, el de las especies diploides ( $2n=22$  cromosomas) compuesto por las especies *C. canephora* (robusta), *C. liberica*, *C. stenophylla*, *C. racemosa* y otros, y el grupo de los tetraploides ( $2n=44$  cromosomas) compuesto únicamente por la especie *C. arabica*, conocida comúnmente como café arábica (Regalado, 2006). Muchos expertos sugirieron que el *C. arabica* pudo crearse como resultado del cruce de dos especies y de un doblamiento cromosomal posterior. Otros opinaron que pudo derivar del cruce de las especies *C. canephora* (robusta) y *C. eugenoides*, ambos diploides, y que el híbrido tetraploide se adaptó mejor a las tierras. Cabe la posibilidad, asimismo, de que se originara gracias a dos especies ya desaparecidas (León, 2000).

Existen alrededor de un centenar las especies descritas del género *Coffea*, aunque un gran porcentaje se encuentra en peligro de extinción. Las poblaciones silvestres de estas especies se pueden encontrar en su estado natural en África tropical o en bancos de germoplasma conservadas en condiciones *ex situ*. Las principales colecciones de café arábica son 10, y se encuentran: cinco en África (Etiopía, Kenia, Tanzania, Camerún y Costa de Marfil), una en Madagascar, una en Asia (India) y tres en Latinoamérica (Costa Rica, Brasil y Colombia) (Anthony et al. 1999).

El café cultivado posee una base genética similar, debido a que, generalmente proviene del café arábica y robusta, pero también se le atribuye, en el caso de Latinoamérica, al paso anterior por países con climatología poco adecuada para el cultivo como Francia y Holanda, lo que redujo de forma considerable la variabilidad inicial (León, 2000).

Por ello, las poblaciones silvestres conforman una considerable diversidad genética, por lo que poseen mayor potencial para ampliar el conocimiento genético del café, en especial para América latina.

## 2. CARACTERIZACIÓN

### 2.1 DEFINICIÓN DE CARACTERIZACIÓN

Caracterizar consiste en establecer todos los caracteres posibles de un ente animado o inanimado. La caracterización de los organismos vegetales, al igual que la de otros organismos vivos o minerales, tiene diferentes finalidades (González-Andrés, 2001):

Identificación o determinación: Es la ubicación de un vegetal no identificado en clase o grupo al que corresponde conforme a una clasificación construida previamente.

Sistemática: Es el estudio científico de las clases, de la diversidad de los organismos, y de sus interrelaciones. Para ello se debe estudiar en profundidad la diversidad de la población a la que pertenece el organismo en cuestión, y sus relaciones con otros grupos de organismos.

**Análisis de diversidad genética:** El objetivo es conocer la diversidad genética tanto interpoblacional como intrapoblacional, lo que es fundamental a la hora de diseñar estrategias tanto para la conservación *in situ* como *ex situ*.

**Gestión de bancos de germoplasma:** Para que esta actividad se gestione adecuadamente, es fundamental evitar duplicados y homonimias (materiales diferentes con el mismo nombre). También implica mantener en el tiempo la colección sin que se pierda su diversidad original, por ello se debe disponer de herramientas que lo detecten.

**Nuevas variedades:** Junto con los caracteres de tipo fisiológico-agronómico que debe poseer cualquier nueva variedad para distinguirla de otras del mismo cultivo ya existentes, también es necesario utilizar otros caracteres morfológicos y moleculares que hagan más sencilla esta diferenciación.

**Búsqueda de marcadores de caracteres agronómicos:** Los marcadores moleculares o morfológicos son fácilmente observables, que se encuentran estrechamente ligados desde el punto de vista genético, a una característica agronómica de interés.

## 2.2 TIPOS DE CARACTERIZACIONES

Según González-Andrés (2001) la caracterización morfológica y caracterización molecular basada en isoenzimas y en marcadores moleculares son de mayor interés para el estudio de los recursos fitogenéticos, por su versatilidad y fiabilidad.

### 2.2.1 Caracterización morfológica

La caracterización morfológica permite suministrar información sobre la identidad de cada una de las entradas a través del uso de descriptores, que permiten estudiar la variabilidad genética de cada muestra; por ello, es una herramienta importante para evitar las duplicaciones de un mismo material y minimizar la sobrestimación de la diversidad existente (Becerra y Paredes, 2000).

Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos menos influenciados por el ambiente, y los más son: la flor y el fruto, seguidos de la hoja, el tronco, las ramas, las raíces y los tejidos celulares (Enrique, 1991).

Los descriptores morfológicos, según Franco e Hidalgo en el año 2003, se describen a continuación:

**Descriptores botánicos-taxonómicos:** Corresponden a los caracteres morfológicos que describen e identifican la especie y son comunes a todos los individuos de esta especie. En su gran mayoría estos caracteres tienen una alta heredabilidad y presentan poca variabilidad, aunque en las especies cultivadas con frecuencia se pueden encontrar unos pocos que muestren diferentes grados de variabilidad, especialmente en aquellos de interés particular para el hombre como son el tipo y la forma de la hoja, la forma del fruto y la descripción de la flor.

**Descriptores morfoagronómicos:** Corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos-taxonómicos más otros que no



necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, y de mercadeo y consumo. Como ejemplo de estos caracteres, cabe mencionar la forma de las hojas; pigmentaciones de la raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación.

**Descriptores evaluativos:** Esta porción de la variabilidad sólo se expresa como respuesta a estímulos ambientales bióticos (plagas y enfermedades) o abióticos (estrés por la temperatura, agua y nutrientes). En general, la respuesta se expresa en características de tipo cualitativo. Existe una alta variabilidad genética en las especies vegetales como resultado de su respuesta para adaptarse a los cambios y presiones de los medios biótico y abiótico que las rodea. La suma de todas esas respuestas, es decir, de todos los miembros de la población, conforman la variabilidad genética de la especie.

### **2.2.2 Caracterización molecular basada en isoenzimas**

Para estos estudios se han utilizado varias estructuras de la planta, tales como hojas, raíces y botones florales, de las cuales se obtiene un extracto crudo proteico. La técnica consiste en la separación de las enzimas del extracto crudo proteico, en un soporte permeable (almidón, PAGE) bajo la acción de un campo eléctrico y seguido de un teñido histoquímico. La separación se realiza mediante la carga eléctrica neta, peso molecular, punto isoeléctrico y/o combinación de estos criterios (separación multidimensional). De este modo se separan enzimas codificadas por genes diferentes o productos de diferentes alelos de un mismo gen. Las ventajas de esta técnica son: la simplicidad de la misma, mínima cantidad de material para el estudio, bajo coste, cobertura del genoma de 10 a 20 loci por especie, ausencia de epistasia e influencias ambientales. La expresión alélica es de tipo codominante, lo que permite establecer comparaciones entre especies, poblaciones de una misma especie, y detectar la presencia de híbridos e introgresión de genes (Paredes y Gepts, 1995).

### **2.2.3 Caracterización mediante marcadores moleculares basados en ADN**

Gracias a tecnologías basadas en ADN, la investigación en esta área se ha visto favorecida con la disponibilidad de una mayor cantidad de marcadores, aquellos basados en Fragmento de Restricción Polimórficos (RFLP) y en Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). Ambas técnicas han derivado en múltiples técnicas como son la Amplificación de ADN al Azar (RAPD), Fragmentos Polimórficos de ADN Amplificados (AFLP), minisatélites (VNTR) y microsatélites (SSR), entre otros (Becerra y Paredes, 2000).

La aplicación de un marcador u otro depende de la capacidad e infraestructura disponible en el laboratorio. Cada marcador ofrece diferentes mediciones e incluso diferentes niveles de polimorfismo. Los marcadores de ADN definen diferentes bandas polimórficas o loci polimórficos. Los RFLP's y SSR's establecen estimaciones indirectas de la divergencia de nucleótidos debido a su fragmentación específica del ADN y su expresión codominante. Los RAPD's son marcadores dominantes, lo que implica ciertas complicaciones en los análisis de la información (los dominantes están presentes y los recesivos ausentes) y una sobrestimación del nivel de diversidad (Ayad et al. 1995).

### **3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 66 ACCESIONES COLECTADAS EN EL SUR ECUATORIANO**

El material vegetal utilizado en la caracterización morfológica del presente estudio fue colectado en diversas fincas del sur de Ecuador por profesionales del departamento de Servicios Agropecuarios de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Las accesiones se tomaron en las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe, conformando un total de 66. Estas entradas posteriormente han sido conservadas en el Banco de Germoplasma de la UTPL.

Las accesiones de este estudio se han ubicado en 16 grupos agronómicos, consideradas de acuerdo con la forma en que los productores ecuatorianos diferencian y denominan a dichos materiales vegetales.

El muestreo fue realizado íntegramente en 2010, entre los meses de febrero y septiembre. En la Tabla 42 se puede observar el nombre del lugar de muestreo, la asociación a la que pertenece la finca de donde se ha tomado las muestras, el nombre del grupo agronómico considerado por el agricultor y su respectivo código.

ANEJOS A LA MEMORIA: ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR DE ECUADOR

**Tabla 42:** Grupos agronómicos, lugar de colecta, asociación y códigos de las variedades colectadas en el sur ecuatoriano.

PROVINCIA	CANTÓN	ASOCIACIÓN	LOCALIDAD	GRUPO AGRONÓMICO	CÓDIGO		
Loja	Vilcabamba	APECAEL	Yangona	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A1		
			Cucanama	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A2		
				Catimor	E2-CATMOR-A3		
				Typica	E3-TIP-A4		
			Sacapo	Bourbón Amarillo	E1-BOR.A-A5		
				Typica	E2-TIP-A6		
	Loja	Privada	Sauces norte	Typica	E1-TIP-A7		
Zamora Chinchipe	Yantzaza	APEOSAE	Los Achos	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A9		
	Pangui		San Roque	Typica	E2-TIP-A10		
				Caturra Rojo	E1-CAT.R-A11		
				Bourbón Rojo	E2-BOR.R-A12		
				Caturra rojo	E1-CAT.R-A13		
				Bourbón Rojo	E2-BOR.R-A14		
	Zumba	ACRIM	Sural	Cavimor	E1-CAV-A15		
			Toloza	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A16		
	Palanda	APECAP	Santa Teresita	Catimor Cogollo morado	E2-CATMORO.CM-A17		
				Bourbón Amarillo	E1-BOR.A-A18		
		Zumba	APECAP	Yangana	Typica	E2-TIP-A19	
					Caturra Rojo	E1-CAT.R-A20	
	ACRIM		Ramos	Bourbón Rojo	E2-BOR.R-A21		
				Catimoro Cogollo morado	E1-CATMORO.CM-A22		
		Cavimoro		E2-CAVRO-A23			
		Caturra Rojo		E3-CAT.R-A24			
		Bourbón Amarillo		E1-BOR.A-A25			
		Pacas		E2-PAC-A26			
	Loja	Quilanga	PROCAFEQ	Typica	E3-TIP-A27		
				Loma Redonda	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A28	
				Cochecorral	Typica	E1-TIP-A29	
Espíndola		Batán		Caturra Rojo	E1-CAT.R-A30		
		Zamora Chinchipe		Panguintza	APEOSAE	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A31
Caturra Amarillo	E2-CAT.A-A32						
Caturra Rojo	E1-CAT.R-A33						
Caturra Amarillo	E1-CAT.A-A34						
Caturra Rojo	E2-CAT.R-A35						
Caturra Amarillo	E1-CAT.A-A36						
Zurmi	Bourbón Rojo		E1-BOR.R-A37				
Bourbón Rojo	E1-BOR.R-A38						
Nangaritza	Caturra Rojo		E2-CAT.R-A39				
	Caturra Rojo		E1-CAT.R-A40				
El Oro	Marcabelí	APECAM	Marcabelí	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A41		
			Ingenio	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A42		
			La Palmerita	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A43		
			Ingenio 2	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A44		
Loja	Puyango	PROCAP	Chaquinal	Catuai Amarillo	E1-KAT.A-A45		
				Catuai Rojo	E2-KAT.R-A46		
				Criollo Rojo	E3-CRI.R-A47		
			Las Cochas	Bourbón Amarillo	E1-BOR.A-A48		
				Caturra Rojo	E2-CAT.R-A49		
				San Salvador	E1-SALV-A50		
			Catacocha		El Arenal	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A51
					El tigre	Criollo Rojo	E1-CRI.R-A52
					Nape	Criollo Rojo	E1-CRI.R-A53
					Supira	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A54
	Chaguarpamba	APECAM	Tilingo	Criollo Rojo	E2-CATMORO.A-A55		
			Chaguarpamba	Catimoro Amarillo	E1-CRI.R-A56		
				Catimoro Amarillo	E1-CATMORO.A-A57		
			El Dorado	Caturra Rojo	E2-CAT.R-A58		
			Lobongo	Catimoro Rojo	E1-CATMORO.R-A59		
				Criollo Rojo	E1-CRI.R-A60		
	Sozoranga	APROCAFE	Caturra Rojo	E2-CAT.R-A61			
			Criollo Rojo	E1-CRI.R-A62			
		Macará	Ninguna	Criollo Rojo	E1-CRI.R-A63		
				Criollo Rojo	E1-CRI.R-A64		
	Gonzanamá	Ninguna	La Victoria	Criollo Rojo	E1-CRI.R-A65		
		Loquinuma	Caturra Rojo	E1-CAT.R-A66			

E: entrada de material; C: carácter

### 3.1 GRUPOS AGRONÓMICOS

Los grupos agronómicos considerados en este estudio son 16: caturra rojo, caturra amarillo, typica, catuaí rojo, catuaí amarillo, bourbón rojo, bourbón amarillo, criollo rojo, catimor, catimoro rojo, catimoro amarillo, catimoro cogollo morado, cavimor, cavimoro, pacas y san salvador. Es importante mencionar que los productores consideran a estos materiales como “variedades”, sin embargo en este estudio se consideran como grupos agronómicos debido a que no existen estudios que precisen si los diversos materiales evaluados sean considerados como variedades y si corresponden a los nombres respectivos.

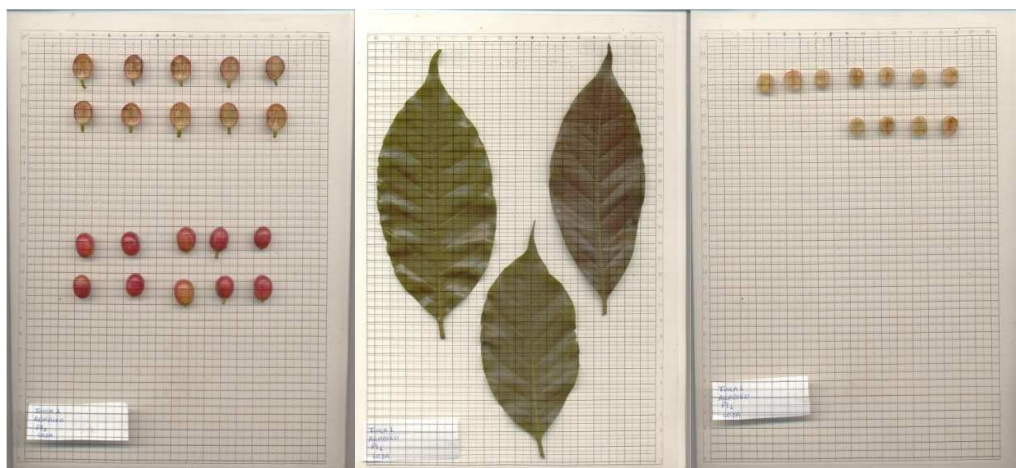
A continuación se expone una breve revisión sobre las principales características de las variedades de café (IHCAFE, 2001; ICAFE, 1998), las cuales corresponderían a los grupos agronómicos propuestos en éste estudio.

**Variedad Caturra:** Es una mutación del bourbón, y consiste en una variedad de porte pequeño y bastante productiva. Los entre nudos están más pegados en comparación con la variedad typica y las hojas son más anchas y largas que las de la variedad bourbón. En el presente trabajo se ha tomado material vegetal de dos tipos de caturra (catarra rojo y caturra amarillo) cuya diferencia fundamental es el color del fruto.



**Figura 49:** Imagen escaneada de la variedad caturra, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Typica o Criollo:** Variedad de porte alto, con entrenudos largos y cuyas hojas apicales poseen una tonalidad rojiza. Sus frutos suelen ser grandes pero su producción es baja. Muchos agricultores consideran a la variedad typica y criolla como variedades diferentes, por ello se han estudiado independientemente.



**Figura 50:** Imagen escaneada de la variedad típica, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Catuaí:** Resulta del cruzamiento entre la variedad mundo novo y la variedad caturra. Consiste en una variedad de tamaño pequeño, aunque menos espesa que la variedad caturra y pacas. Sus entrenudos son cortos y sus ramificaciones abundantes, además su entrada en la producción es precoz. En el muestreo se tomó material vegetal tanto de catuaí de cereza roja como de catuaí de cereza amarilla.

**Bourbón:** Variedad de porte alto al igual que la variedad típica, aunque sus ramificaciones secundarias son más abundantes que esta última. Tanto sus frutos como sus semillas son de menor tamaño que los de la variedad típica, sin embargo, su producción es más temprana, superior y uniforme. Para la presente caracterización se dispuso de germoplasma de bourbón de fruto amarillo y rojo.



**Figura 51:** Imagen escaneada de la variedad bourbón amarillo, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Catimor:** Consiste en el cruce de la variedad caturra con el híbrido timor, del cual le proviene la resistencia a la roya del cafeto. Es de bajo porte, muy productivo y con una copa amplia y vigorosa. En la colecta de muestras se tomó material vegetal de catimor rojo y catimor amarillo, cuyo color hace referencia a la tonalidad del fruto.





**Figura 52:** Imagen escaneada de la variedad catimor, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Cavimor:** Variedad resultante del cruce entre el híbrido timor (especie no cultivable y resistente a la roya del café) y catuai. Consiste en una variedad de bajo porte, presenta resistencia a la roya del cafeto y altos rendimientos.



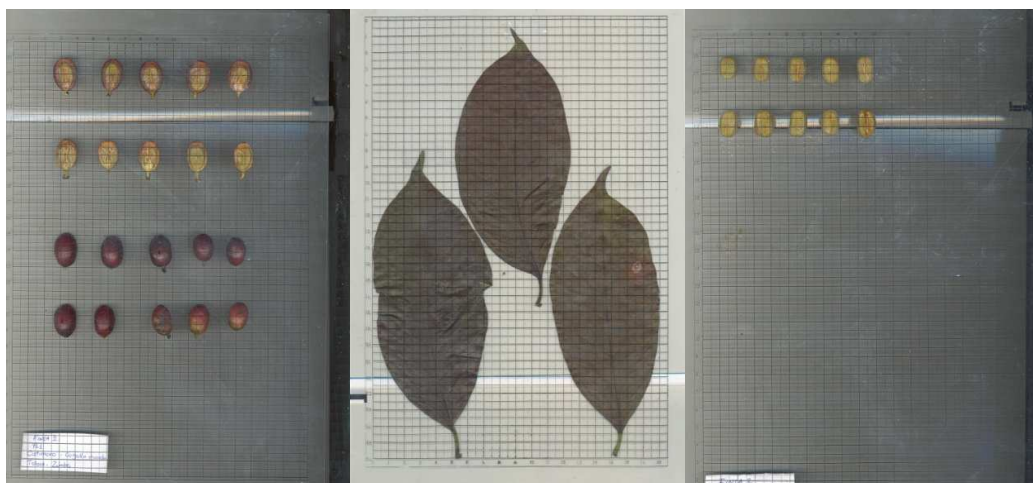
**Figura 53:** Imagen escaneada de la variedad cavimor, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

**Pacas:** Consiste en una mutación del bourbón, aunque sus características productivas y agronómicas son muy similares a la variedad caturra. Posee un porte pequeño, entrenudos cortos y follaje abundante como el grupo caturra.



**Figura 54:** Imagen escaneada de la variedad pacas, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

En relación a los grupos agronómicos catimoro (Figura 55), cavimoro y san salvador no se ha encontrado literatura al respecto. Las muestras se han tomado y clasificado según los nombres usados por los productores, por ello, podría suponerse que estos tres tipos de arábica pueden pertenecer a alguno de los grupos agronómicos antes mencionados. Cabe destacar, que del grupo agronómico catimoro se pudo obtener material vegetal de tres tipos: catimoro amarillo y catimoro rojo, con la diferencia del color del fruto, y de catimoro cogollo morado.



**Figura 55:** Imagen escaneada de la variedad catimoro, de izquierda a derecha, frutos, hojas, semillas.

### 3.2 EVALUACIÓN DE CARACTERES MORFOLÓGICOS

Las 66 accesiones de café (*Coffea arabica*) se caracterizaron morfológicamente mediante 24 caracteres cuantitativos, según la parte de la planta a la que pertenecen (Tabla 43). Todos los caracteres se han estudiado sobre un total de cinco plantas por accesión. La medición de los descriptores de longitud se midió en centímetros (cm) a excepción de la longitud de la arista de la estípula que se midió en milímetros (mm) al ser una medida muy pequeña, los de peso en gramos (g) y los ángulos en grados sexagesimales.

En la tabla 43 se puede observar los caracteres muestreados en la caracterización morfológica, así como sus unidades de medida. La metodología utilizada corresponde a la realizada por Acosta-Quezada et al (2010) en un estudio realizado en una solanácea (*Solanum betaceum* Cav.).

**Tabla 43:** Lista de caracteres morfológicos y sus respectivas unidades de medida.

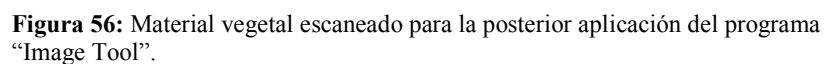
<b>CARACTERES MORFOLÓGICOS</b>	
<b><i>Arquitectura de la planta</i></b>	
C1	Altura de la planta (cm)
C2	Diámetro del tallo (cm)
C3	Diámetro de la copa (cm)
C4	Distancia entre nudos (cm)
C5	Nº de frutos por rama
C6	Distancia entre infrutescencias (cm)
<b><i>Hoja</i></b>	
C7	Longitud de la arista de la estípula (mm)
C8	Longitud de la hoja (cm)
C9	Ancho de la hoja (cm)
C10	Distancia de la base a la parte más ancha (cm)
C11	Ángulo del ápice (°)
C12	Longitud del peciolo foliar (cm)
<b><i>Fruto</i></b>	
C13	Longitud del fruto (cm)
C14	Ancho del fruto (cm)
C15	Distancia entre la base y la parte más ancha (cm)
C16	Espesor del fruto (cm)
C17	Ángulo apical (°)
C18	Ángulo basal (°)
C19	longitud del pedicelo (cm)
C20	Peso del fruto (g)
<b><i>Semilla</i></b>	
C21	Longitud de la semilla (cm)
C22	Ancho de la semilla (cm)
C23	Distancia entre la base y la parte más ancha (cm)
C24	Peso de la semilla (g)

C= Carácter

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Se disponía de una base de datos relacionados con diversos caracteres morfológicos y agronómicos registrados a través de muestreos efectuados *in situ* en las provincias mencionadas; contando además con imágenes digitales de muestras vegetales (hojas, frutos, etc.) (Figura 56) correspondientes a las mencionadas accesiones, de las cuales se evaluaron diversos descriptores a través de un analizador de imágenes “Image Tool” (UTHSCSA, University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, USA); los caracteres evaluados han sido considerados con referencia a los descriptores morfológicos publicados





143



**Figura 57:** Ejemplo de caracteres medidos directamente en la planta (altura de la planta y distancia entre nudos).

Con los datos obtenidos *in situ* (caracteres medidos directamente en la planta) (Figura 57) y en laboratorio (muestras digitales) se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA) usando el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Statistical Graphics Corp., Rockville, MD, USA), lo que permitió determinar los caracteres para los cuales existe una variación significativa entre el germoplasma evaluado. Por otra parte, a través de una matriz básica de datos (MBD) se realizó un Análisis de Componentes Principales usando el programa estadístico NTSYS-pc 2.0 software (Applied Biostatistics Inc., Setauket, NY, USA) (Rohlf, 1996), lo que permitió conocer la relación que existe entre las variables estudiadas y la semejanza entre las accesiones; en el primer caso para, con el fin de saber cuáles están o no asociadas, cuales caracterizan en el mismo sentido o en el sentido contrario; y en el segundo, para saber cómo se distribuyen las accesiones de café, cuáles se parecen y cuáles no (Hidalgo, 2003; Mohammadi & Prassana, 2003).

### **3.4. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LOS 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS EVALUADOS**

#### **3.4.1 Variación de caracteres evaluados en la arquitectura de la planta**

Con respecto a los caracteres de la arquitectura de la planta se han estudiado seis variables (C1: altura de la planta, C2: diámetro del tallo, C3: diámetro de la copa, C4: distancia entre nudos, C5: número de frutos por rama y C6: distancia entre infrutescencias); encontrándose diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) para todos los caracteres, de los cuales el diámetro del tallo resultó con las menores diferencias. Los valores del coeficiente F se encuentran comprendidos entre 1,70 (C2: diámetro del tallo) y 21,17 (C6: distancia entre infrutescencias) (Tabla 44).

**Tabla 44:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para los caracteres morfológicos de arquitectura de la planta.

CARACTERES	CUADRADO MEDIO (ENTRE-GRUPOS)	CUADRADO MEDIO (INTRA-GRUPOS)	COEFICIENTE-F	VALOR-P
Altura de la planta (cm)	2,76535	0,250512	11,04	< 0,001***
Diámetro del tallo (cm)	5,55275	3,25777	1,70	< 0,01**
Diámetro de la copa (cm)	1594,94	313,202	5,09	< 0,001***
Distancia entre nudos (cm)	22,6682	1,38483	16,37	< 0,001***
Nº de frutos por rama	2156,02	139,586	15,45	< 0,001***
Distancia entre infrutescencias (cm)	7,09094	0,319902	21,17	< 0,001***

\*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,001

Al medir la altura de la planta (C1), este carácter varió entre 1,5 m para la accesión A39 (catarra rojo) y 4,52 m para la accesión A12 (bourbón rojo); otras dos accesiones resultaron con valores cercanos a A12, estas son: A37 (bourbón rojo) con una altura de 4,47 m y A10 (typica) con un valor de 4,23 m. El resto del germoplasma mostró una altura inferior a 4 m, identificándose un considerable número de accesiones (16) caracterizadas por presentar una altura inferior a 2 m, o sea, la mitad de lo encontrado en las accesiones de mayor altura. Las accesiones de mayor altura corresponden a la A12 y A37 pertenecientes al grupo agronómico bourbón rojo y la A10 (typica); mientras que la mayor parte de los materiales caracterizados por una baja altura corresponden principalmente a las variedades catarra rojo, catuaí amarillo, bourbón rojo, cavimoro, catimoro y cogollo morado (Tabla 45).

Con referencia al carácter diámetro del tallo (C2), se encontraron valores comprendidos entre 2,07 cm y 7,82 cm para las accesiones A5 (bourbón amarillo) y A43 (catarra rojo) respectivamente. Cuatro accesiones (A1, A37, A43 y A64) resultaron con valores superiores a 6 cm, mientras que otras nueve accesiones mostraron valores inferiores a 3 cm. El valor medio para el diámetro del tallo respecto a todo el germoplasma evaluado resultó ser 4,01 cm.

En la Tabla 45 también se pueden observar los valores medios para el diámetro de la copa (C3), respecto a las 66 accesiones, encontrándose valores entre 17,44 cm para la accesión A57 (catimoro amarillo) y 102,08 cm para la accesión A21 (bourbón rojo); siendo el valor de la accesión con mayor diámetro seis veces superior que el valor de la accesión con menor diámetro.

**Tabla 45:** Valores medios de las 66 accesiones para los caracteres de arquitectura de la planta.

	ALTURA DE LA PLANTA (m)	DIÁMETRO DEL TALLO (cm)	DIÁMETRO DE LA COPA (cm)	DISTANCIA ENTRE NUDOS (cm)	NÚMERO DE FRUTOS/ RAMA	DISTANCIA ENTRE INFRUTESCENCIAS (cm)
Accesión	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	3,04	6,77	86,71	7,27	20,73	3,64
A2	2,47	4,33	71,04	6,35	30,33	4,07
A3	2,45	4,30	62,00	6,29	29,83	5,49
A4	3,18	2,93	70,33	11,07	10,50	8,56
A5	2,52	2,07	61,33	6,80	15,70	4,55
A6	2,51	3,83	77,33	6,87	20,47	5,87
A7	3,04	5,14	77,00	7,58	84,40	5,74
A8	1,99	3,55	39,75	5,61	73,68	3,78
A9	2,79	4,68	58,80	5,51	67,58	5,34

ANEJOS A LA MEMORIA: ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE  
CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR DE ECUADOR

**Tabla 45:** Continuación.

A10	4,13	4,36	75,60	11,64	26,60	7,19
A11	2,80	4,16	55,20	5,54	29,46	4,22
A12	4,52	4,88	64,20	10,94	28,12	4,52
A13	1,60	3,30	56,00	4,70	45,58	4,25
A14	2,05	3,25	47,50	7,44	33,55	6,41
A15	1,70	3,15	42,20	4,68	92,52	4,33
A16	1,97	2,80	30,60	5,66	73,94	4,49
A17	2,43	3,48	41,20	5,14	59,10	4,71
A18	3,66	5,32	50,80	10,19	28,86	5,69
A19	3,76	4,94	54,20	8,68	38,78	4,33
A20	2,84	3,85	71,60	6,26	33,20	4,49
A21	1,98	3,20	102,80	9,20	35,06	7,78
A22	1,73	3,18	53,60	6,32	58,04	5,51
A23	1,80	2,94	47,80	6,46	53,48	5,70
A24	2,48	3,52	48,00	6,52	66,00	4,99
A25	3,56	5,24	48,40	7,16	40,84	4,29
A26	2,42	4,14	50,00	5,61	42,06	4,33
A27	3,09	3,44	56,00	6,92	24,66	5,96
A28	2,19	4,12	32,30	5,18	22,02	4,02
A29	3,42	3,76	46,80	11,35	29,92	6,83
A30	2,42	3,84	29,40	4,39	23,52	3,84
A31	1,92	2,44	39,20	4,84	44,50	4,41
A32	3,69	3,35	45,00	5,54	53,95	4,41
A33	2,73	4,58	47,00	5,35	33,78	4,32
A34	2,27	3,64	42,40	5,22	51,72	4,54
A35	2,26	4,02	43,40	5,17	43,42	4,64
A36	2,32	3,20	32,80	4,86	44,66	4,79
A37	4,47	6,14	59,40	10,67	22,52	6,72
A38	1,69	5,78	80,00	10,88	46,92	8,06
A39	1,50	3,78	36,80	4,26	45,42	4,40
A40	3,30	5,43	49,40	5,12	24,96	5,30
A41	2,23	4,36	25,40	4,85	17,20	4,73
A42	2,58	3,18	30,40	4,43	19,82	4,28
A43	1,97	7,82	26,60	4,54	14,86	4,55
A44	3,78	4,72	39,78	4,68	29,60	4,34
A45	1,63	2,96	19,20	4,19	27,90	3,72
A46	1,91	3,06	23,40	5,07	17,52	4,08
A47	2,77	2,78	30,40	6,87	3,76	5,57
A48	3,34	3,54	27,00	7,12	11,14	5,49
A49	1,93	4,50	21,00	4,02	17,64	3,81
A50	3,58	3,70	26,40	7,84	11,10	5,15
A51	1,83	3,48	21,60	4,60	67,48	4,18
A52	3,80	4,42	48,20	7,26	13,66	6,29
A53	2,83	3,08	26,80	9,50	23,26	7,13
A54	2,20	3,04	25,60	4,09	19,90	3,42
A55	2,37	3,98	33,60	3,88	19,50	3,56
A56	2,86	2,58	30,40	7,66	2,64	6,72
A57	2,72	4,66	17,44	3,40	5,92	3,03
A58	1,79	3,70	20,00	3,27	3,70	2,72
A59	2,02	3,34	28,80	5,24	13,66	3,96
A60	3,92	5,52	28,00	5,53	4,90	4,40
A61	2,53	4,54	19,40	3,01	7,52	2,98
A62	3,45	2,68	34,60	9,78	6,56	7,11
A63	3,01	3,12	26,50	6,40	19,48	5,43

**Tabla 45:** Continuación.

<b>A64</b>	3,92	6,60	33,90	5,59	3,70	4,38
<b>A65</b>	3,15	4,54	30,20	8,04	2,56	5,64
<b>A66</b>	2,38	3,92	35,80	3,77	41,08	3,80
<b>Media</b>	2,68	4,01	44,16	6,36	31,46	4,95
<b>Error estándar</b>	0,09	0,13	2,31	0,27	2,60	0,15

En relación con la distancia entre nudos (C4), la accesión A10 (typica) obtuvo el mayor valor, siendo este de 11,64 cm; mientras que el valor mínimo encontrado respecto a las 66 accesiones corresponde a A61 (caturra rojo) (3,01 cm). El valor medio de este carácter fue de 6,36 cm.

Para el número de frutos por rama (C5), de todo el germoplasma, la accesión A15 (cavimor) presentó el mayor valor (superior a 92); mientras que la accesión A56 fue la que menor promedio de frutos por rama produjo (2,64); resultando ser la accesión de mayor cuantía de frutos por rama 36 veces más en comparación con la accesión que presentó menor número de frutos. En general, el promedio de frutos por rama ha sido de 31,46.

La distancia entre infrutescencias (C6) varió entre, 8,56 cm para A4 (typica) y 2,72 cm para A58 (caturra rojo), presentando un valor medio de 4,95cm.

Al analizar las medidas de dispersión determinadas para los seis caracteres de la arquitectura de la planta, el coeficiente de variación varió entre 25,05% (C6: distancia entre infrutescencias) y 67,20% (C5: número de frutos por rama) (Tabla 46).

**Tabla 46:** Medidas de centralización y dispersión de los caracteres morfológicos con referencia a la arquitectura de la planta, en las 66 accesiones.

CARACTERES	MEDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
Altura de la planta (cm)	2.68	1.50	4.52	0.76	28.15
Diámetro del tallo (cm)	4.01	2.07	7.82	1.09	27.23
Diámetro de la copa (cm)	44.16	17.44	102.8	18.73	42.41
Distancia entre nudos (cm)	6.36	3.01	11.64	2.17	34.12
Nº de frutos por rama	31.46	2.56	92.52	21.14	67.20
Distancia entre infrutescencias (cm)	4.95	2.72	8.56	1.24	25.05

### 3.4.2 Variación de caracteres evaluados en la hoja

Con respecto a los caracteres relacionados con la hoja, se estudiaron seis caracteres, cinco de los cuales presentaron diferencias muy significativas ( $p < 0,001$ ) (C8: longitud de la hoja, C9: ancho de la hoja, C10: distancia entre la base a la parte más ancha y C11: ángulo del ápice). El único carácter que no resultó con diferencias significativas ha sido la longitud de la arista de la estipula (C7). La variación del coeficiente F en estos caracteres varía entre 1,34 para la longitud de la arista de la estipula (C7) y 9,58 para la distancia de la base a la parte más ancha (C10) (Tabla 47).

**Tabla 47:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para los caracteres morfológicos de la hoja.

CARACTERES	CUADRADO MEDIO (ENTRE-GRUPOS)	CUADRADO MEDIO (INTRA-GRUPOS)	COEFICIENTE-F	VALOR-P
Longitud de la arista de la estípula (mm)	0,0521869	0,0389665	1,34	0,0598
Longitud de la hoja (cm)	7,34923	1,08055	6,8	< 0,001***
Ancho de la hoja (cm)	1,60065	0,245144	6,53	< 0,001***
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	2,59371	0,270741	9,58	< 0,001***
Ángulo del ápice (°)	234,062	28,8838	8,10	< 0,001***
Longitud del peciolo foliar (cm)	0,202188	0,0805534	2,51	< 0,001***

\*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,001

Los resultados obtenidos con relación a la longitud de la arista de la estípula (C7), mostraron que dos accesiones (A3 del grupo catimor y A2 del grupo caturra rojo) expresaron un valor inferior a 0,23 cm; mientras que la accesión A28 (catarra rojo) presentó el mayor valor en relación con todo el material vegetal estudiado (0,93cm) (Tabla 48).

Para la longitud de la hoja (C8), las diferencias se deben principalmente a la presencia de tres accesiones (A20, A21 y A15) que mostraron los valores más altos (superiores a 17cm). Este carácter varió entre 17,54 cm (A20, caturra rojo) y 11,31 cm (A1, caturra rojo). En general, las hojas de café resultaron con un valor medio de 14,74 cm.

Con respecto al ancho de la hoja (C9), siete accesiones (A1, A4, A5, A11, A12, A14 y A62) resultaron con valores inferiores a 6 cm. El menor valor (5,11cm) corresponde a A12, mientras que el mayor valor (8,11cm) se registró en A21, ambos materiales pertenecientes al grupo bourbón rojo.

La distancia entre la base y la parte más ancha del limbo de la hoja (C10) mostró un rango entre 5,01cm (A12, bourbón rojo) y 8,41cm (A16, caturra rojo). Cuatro accesiones (A15, A16, A17 y A23) presentaron valores superiores a 8cm, mientras que otras tres accesiones (A1, A12 y A14), expresaron valores inferiores a 5,5cm.

**Tabla 48:** Valores medios de las 66 accesiones para los caracteres de la hoja.

	LONGITUD DE LA ARISTA DE LA ESTÍPULA (mm)	LONGITUD DE LA HOJA (cm)	ANCHO DE LA HOJA (cm)	DISTANCIA ENTRE LA BASE Y LA PARTE MÁS ANCHA (cm)	ÁNGULO DEL ÁPICE (°)	LONGITUD DEL PECÍOLO FOLIAR (cm)
Accesión	C7	C8	C9	C10	C11	C12
A1	0,23	11,31	5,65	5,16	66,73	0,69
A2	0,22	14,05	6,31	6,61	66,26	1,03
A3	0,21	14,87	6,69	6,70	60,94	1,15
A4	0,26	15,01	5,73	6,65	51,57	0,93
A5	0,31	12,74	5,25	5,65	55,74	0,95
A6	0,32	13,49	6,05	5,92	56,18	0,89
A7	0,35	15,33	6,77	6,75	52,61	1,08
A8	0,31	14,97	7,05	7,10	67,18	1,00
A9	0,49	15,44	7,20	6,69	64,21	1,33

ANEJOS A LA MEMORIA: ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE  
CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR DE ECUADOR

**Tabla 48:** Continuación.

A10	0,54	15,13	6,33	6,33	55,77	1,10
A11	0,42	12,60	5,80	5,58	65,09	1,14
A12	0,49	11,78	5,11	5,01	59,11	0,92
A13	0,58	13,13	6,11	5,61	65,10	1,31
A14	0,35	12,72	5,81	5,24	57,48	0,87
A15	0,43	17,02	7,38	8,23	48,17	0,97
A16	0,31	16,23	7,71	8,41	61,67	1,40
A17	0,31	16,53	7,96	8,25	65,72	1,32
A18	0,31	15,94	6,92	6,80	47,97	1,20
A19	0,29	16,24	7,00	7,07	48,64	1,13
A20	0,23	17,54	7,77	7,95	64,23	1,31
A21	0,30	17,39	8,11	7,61	51,14	1,23
A22	0,32	15,68	7,62	7,86	65,75	1,33
A23	0,36	16,22	6,80	8,02	51,72	1,16
A24	0,29	15,48	7,11	7,21	59,52	1,32
A25	0,25	13,47	6,23	5,77	63,58	0,89
A26	0,25	14,37	6,95	6,43	74,04	0,99
A27	0,26	14,95	6,46	6,57	60,21	0,83
A28	0,93	14,26	6,54	6,56	61,67	0,91
A29	0,30	16,11	6,60	7,92	46,20	1,04
A30	0,30	15,18	6,57	7,15	58,64	0,95
A31	0,27	14,21	6,40	6,47	61,92	1,38
A32	0,29	13,53	6,23	6,64	59,01	1,26
A33	0,23	14,11	6,26	6,20	62,26	1,17
A34	0,28	14,75	6,57	6,55	61,25	1,89
A35	0,32	13,98	6,65	6,26	66,27	1,28
A36	0,26	16,91	7,54	7,78	62,53	1,14
A37	0,29	14,20	6,02	6,74	54,59	1,05
A38	0,33	13,56	6,30	6,46	57,87	1,05
A39	0,32	14,35	6,87	6,35	64,76	1,33
A40	0,28	13,29	6,17	5,89	67,14	0,97
A41	0,31	13,96	6,66	6,63	68,92	1,31
A42	0,29	15,21	6,73	7,23	66,30	0,96
A43	0,26	13,60	6,34	6,05	67,22	1,37
A44	0,25	14,06	6,61	6,58	68,18	1,18
A45	0,40	15,11	7,31	7,26	71,99	0,91
A46	0,33	14,88	7,03	7,04	71,16	0,84
A47	0,36	14,55	6,17	7,05	63,52	0,68
A48	0,31	14,99	6,58	6,68	53,61	0,89
A49	0,28	14,57	6,75	6,62	67,13	1,13
A50	0,32	15,67	6,52	7,66	57,68	1,02
A51	0,28	15,27	7,38	7,06	69,06	1,33
A52	0,38	15,38	6,58	7,21	62,04	1,01
A53	0,37	14,48	6,21	6,72	60,75	0,92
A54	0,30	13,70	6,48	6,42	69,82	0,88
A55	0,28	14,33	6,35	6,91	69,41	1,01
A56	0,37	15,36	6,01	7,40	58,39	0,84
A57	0,33	14,91	6,95	7,27	67,24	1,04
A58	0,33	13,69	6,23	6,67	66,94	0,78
A59	0,26	15,81	7,07	7,42	66,72	0,70
A60	0,31	13,93	6,17	6,60	58,92	1,06
A61	0,27	14,06	6,82	6,79	71,85	1,09
A62	0,36	15,69	5,92	7,92	53,84	1,15

**Tabla 48:** Continuación.

<b>A63</b>	0,38	15,76	6,21	7,24	50,51	0,99
<b>A64</b>	0,43	16,43	6,46	7,71	46,84	0,97
<b>A65</b>	0,33	16,34	6,65	7,59	51,15	1,04
<b>A66</b>	0,37	13,21	6,47	6,33	69,08	0,96
<b>Media</b>	0,33	14,74	6,59	6,82	61,19	1,07
<b>Error estándar</b>	0,012	0,16	0,07	0,09	0,86	0,03

Otro de los caracteres evaluados en las hojas del cafeto fue el ángulo del ápice del limbo (C11), cuyo valor medio fue de 61,19°. La accesión A26 (pacas) fue la que presentó el mayor valor (74,04°), además otras cuatro accesiones mostraron valores superiores a 70° (A26, A45, A46 y A61). El menor valor (46,20°) lo mostró la accesión A29 (typica), seguida por otras cuatro accesiones (A15, A18, A19 y A64) que presentaron un valor inferior a 50° (Tabla 48). En general, para todas las accesiones aquí evaluadas, las hojas del cafeto se han caracterizado por presentar un ápice con ángulo agudo.

En cuanto a la longitud del peciolo foliar (C12), las diferencias encontradas se deben principalmente a la accesión A34 (catarra amarillo) que mostró una longitud de 1,89 cm, la cual es muy superior al resto de las accesiones; las mismas que muestran un rango comprendido entre 0,68 cm y 1,89 cm.

Con referencia al coeficiente de variación para los caracteres de las hojas, la variable que expresó el menor coeficiente (8,68%) resultó ser la longitud de la hoja (C8), por otra parte, la longitud de la arista de la estípula (C7) mostró el mayor coeficiente de variación (30,30 %) (Tabla 49).

**Tabla 49:** Medidas de centralización y dispersión de los caracteres morfológicos correspondientes a la hoja, en las 66 accesiones estudiadas.

<b>CARACTERES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>VALOR MÍNIMO</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)</b>
Longitud de la arista de la estípula (mm)	0.33	0.21	0.93	0.10	30.30
Longitud de la hoja (cm)	14.74	11.31	17.54	1.28	8.68
Ancho de la hoja (cm)	6.59	5.11	8.11	0.59	9.00
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	6.82	5.01	8.41	0.76	11.12
Ángulo del ápice (°)	61.19	46.20	74.04	6.97	11.38
Longitud del peciolo foliar (cm)	1.07	0.68	1.89	0.21	19.31

### 3.4.3 Variación de caracteres evaluados en el fruto

En lo que concierne al fruto, se estudiaron ocho caracteres (C13: longitud del fruto, C14: ancho del fruto, C15: distancia entre la base y la parte más ancha, C16: espesor del fruto, C17: ángulo apical, C18: ángulo basal, C19: longitud del pedicelo y C20: peso del fruto).

En la Tabla 50 se pueden observar los resultados del ANOVA para los ocho caracteres del fruto, encontrándose diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) para todos los caracteres. El



coeficiente F mostró valores comprendidos entre 2,24 para el ángulo apical (C17) y 24,61 para el peso del fruto (C20).

**Tabla 50:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para los caracteres morfológicos del fruto.

CARACTERES	CUADRADO MEDIO (ENTRE-GRUPOS)	CUADRADO MEDIO (INTRA-GRUPOS)	COEFICIENTE-F	VALOR-P
Longitud del fruto (cm)	0,0709184	0,00525371	13,50	< 0,001***
Ancho del fruto (cm)	0,0397492	0,00661103	6,01	< 0,001***
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	0,0335835	0,00457643	7,34	< 0,001***
Espesor del fruto (cm)	0,00204454	0,0001098	18,62	< 0,001***
Ángulo apical (°)	69,58	31,0854	2,24	< 0,001***
Ángulo basal (°)	6,81581	4,96383	13,73	< 0,001***
Longitud del pedicelo (cm)	0,0216082	0,001434	15,07	< 0,001***
Peso del fruto (gr)	0,814624	0,0331058	24,61	< 0,001***

\*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,001

En la Tabla 51 se pueden observar los valores medios relacionados con los caracteres del fruto de las 66 accesiones de café arábica.

En relación con la longitud del fruto (C13), la accesión A1 (caturre rojo) ha sido la que menor valor ha presentado (1,23 cm), mientras que seis accesiones (A2, A9, A17, A18, A21 y 38) mostraron valores iguales o superiores a 1,80cm, siendo A21 (bourbón rojo) el material vegetal con mayor valor para la longitud del fruto (1,84 cm).

En el momento de evaluar el ancho del fruto de café (C14), dos accesiones presentaron los menores valores respecto a todo el germoplasma (1,03 cm en ambos casos), estas son A4 y A27, correspondientes al grupo typica; mientras que otras tres accesiones A18 (bourbón amarillo), A19 (typica) y A38 (bourbón rojo) resultaron con el mayor valor (1,47 cm en los tres casos).

La distancia entre la base y la parte más ancha del fruto (C15) varió entre 0,62 cm, para las accesiones A1 (caturre rojo) y A25 (bourbón rojo), y 1,11 cm en la accesión A21 (bourbón rojo). El valor medio fue de 0,78 cm.

En lo que respecta al espesor del fruto (C16), seis accesiones (A7, typica; A20, caturre rojo; A21, bourbón rojo; A37, bourbón rojo; A38, bourbón rojo y A39, caturre rojo) resultaron con el valor más alto (0,14 cm para los seis materiales), cuyo valor es más del doble con respecto a la accesión con el menor valor (0,06 cm), correspondiente a A10 del grupo typica. El valor medio respecto al espesor del fruto, según lo evaluado en las 66 accesiones resultó ser de 0,11 cm.

**Tabla 51:** Valores medios de las 66 accesiones para los caracteres del fruto.

	LARGO DEL FRUTO (cm)	ANCHO DEL FRUTO (cm)	DISTANCIA ENTRE LA BASE Y LA PARTE MÁS ANCHA (cm)	ESPEJOR DEL FRUTO (cm)	ÁNGULO APICAL (°)	ÁNGULO BASAL (°)	LONGITUD DEL PEDICELO	PESO DEL FRUTO (g)
Accesión	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
A1	1,23	1,09	0,62	0,08	96,13	99,97	0,40	1,12
A2	1,80	1,25	0,89	0,08	103,19	100,64	0,33	1,12

ANEJOS A LA MEMORIA: ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DEL GERMOPLASMA DE  
CAFÉ DISTRIBUIDO EN EL SUR DE ECUADOR

**Tabla 51:** Continuación.

A3	1,56	1,27	0,75	0,08	100,06	98,83	0,31	1,01
A4	1,64	1,03	0,80	0,09	99,63	96,65	0,45	0,98
A5	1,44	1,21	0,71	0,08	98,45	98,46	0,37	1,01
A6	1,38	1,15	0,66	0,10	95,61	96,48	0,37	0,97
A7	1,53	1,25	0,67	0,14	99,68	98,74	0,47	1,93
A8	1,54	1,23	0,75	0,11	99,49	100,14	0,40	1,60
A9	1,81	1,36	0,91	0,07	102,03	100,96	0,36	1,12
A10	1,70	1,35	0,80	0,06	99,98	101,79	0,33	1,96
A11	1,65	1,25	0,76	0,08	97,91	96,40	0,28	1,27
A12	1,66	1,25	0,79	0,08	97,88	99,19	0,30	1,24
A13	1,72	1,33	0,85	0,06	100,42	101,06	0,32	1,96
A14	1,65	1,26	0,81	0,06	98,76	98,93	0,31	1,54
A15	1,66	1,33	0,80	0,10	103,35	105,12	0,47	2,04
A16	1,72	1,31	0,85	0,11	99,82	103,46	0,31	2,00
A17	1,80	1,37	0,88	0,10	104,25	102,10	0,36	2,40
A18	1,83	1,47	0,77	0,13	107,24	106,11	0,48	2,45
A19	1,77	1,47	0,79	0,13	107,78	106,54	0,46	2,52
A20	1,74	1,33	0,80	0,14	103,11	96,50	0,43	2,33
A21	1,84	1,41	1,11	0,14	103,35	104,11	0,49	2,72
A22	1,76	1,38	0,88	0,09	103,63	104,37	0,25	2,11
A23	1,79	1,29	0,89	0,11	99,27	101,99	0,28	2,19
A24	1,77	1,30	0,90	0,12	100,03	100,43	0,28	2,17
A25	1,44	1,31	0,62	0,12	96,34	93,05	0,34	1,42
A26	1,50	1,14	0,63	0,11	95,94	93,52	0,30	1,60
A27	1,54	1,03	0,68	0,09	91,81	86,84	0,26	1,52
A28	1,54	1,13	0,74	0,10	95,12	94,81	0,27	1,36
A29	1,71	1,26	0,84	0,09	99,97	99,16	0,34	1,92
A30	1,61	1,18	0,81	0,10	98,62	96,70	0,29	1,79
A31	1,59	1,24	0,78	0,11	100,63	100,58	0,30	1,79
A32	1,64	1,25	0,83	0,12	102,87	101,29	0,25	1,92
A33	1,69	1,25	0,74	0,11	98,43	96,58	0,28	2,11
A34	1,69	1,33	0,81	0,11	104,18	101,51	0,30	1,90
A35	1,68	1,34	0,80	0,10	103,73	105,57	0,34	2,00
A36	1,66	1,31	0,75	0,08	102,32	98,22	0,26	1,90
A37	1,78	1,38	0,89	0,14	105,30	105,48	0,36	2,40
A38	1,83	1,47	0,90	0,14	107,37	107,38	0,45	2,83
A39	1,79	1,44	0,89	0,14	106,90	105,67	0,36	2,58
A40	1,68	1,32	0,70	0,11	103,28	98,96	0,30	2,06
A41	1,71	1,38	0,82	0,09	105,22	105,22	0,35	1,61
A42	1,57	1,32	0,79	0,13	104,23	103,82	0,30	1,83
A43	1,61	1,22	0,72	0,12	99,51	96,13	0,28	1,79
A44	1,45	1,19	0,68	0,12	99,25	98,02	0,28	1,51
A45	1,62	1,34	0,80	0,07	104,13	104,18	0,28	2,00
A46	1,58	1,29	0,78	0,10	101,78	102,61	0,29	1,78
A47	1,64	1,30	0,82	0,10	101,65	102,31	0,29	1,93
A48	1,65	1,30	0,85	0,07	101,64	100,25	0,29	1,93
A49	1,64	1,29	0,81	0,10	99,94	100,91	0,25	1,79
A50	1,58	1,28	0,83	0,12	101,53	100,93	0,26	1,80
A51	1,66	1,29	0,86	0,13	101,17	101,37	0,28	1,92
A52	1,68	1,31	0,72	0,12	101,97	102,03	0,36	2,11
A53	1,56	1,23	0,71	0,10	99,72	98,41	0,34	1,74
A54	1,59	1,24	0,68	0,13	99,53	98,11	0,28	2,11

**Tabla 51:** Continuación.

<b>A55</b>	1,59	1,23	0,68	0,10	99,19	97,61	0,32	1,70
<b>A56</b>	1,60	1,20	0,77	0,10	98,87	99,31	0,27	1,71
<b>A57</b>	1,52	1,21	0,74	0,12	99,09	99,69	0,21	1,43
<b>A58</b>	1,51	1,26	0,73	0,13	100,78	101,49	0,28	1,54
<b>A59</b>	1,66	1,29	0,81	0,13	101,32	101,12	0,26	1,84
<b>A60</b>	1,53	1,29	0,77	0,12	102,01	100,67	0,33	1,51
<b>A61</b>	1,52	1,27	0,75	0,11	101,41	101,17	0,25	1,57
<b>A62</b>	1,60	1,24	0,81	0,12	100,15	98,77	0,27	1,77
<b>A63</b>	1,52	1,31	0,74	0,13	103,14	103,52	0,36	1,86
<b>A64</b>	1,38	1,15	0,70	0,10	96,67	96,34	0,25	1,16
<b>A65</b>	1,48	1,29	0,74	0,11	101,89	101,65	0,27	1,66
<b>A66</b>	1,35	1,06	0,66	0,07	93,18	92,08	0,19	1,11
<b>Media</b>	1,62	1,27	0,78	0,11	100,80	100,18	0,32	1,78
<b>Error estándar</b>	0,02	0,01	0,01	0,002	0,40	0,46	0,009	0,05

Con referencia al ángulo del fruto, se midió tanto a nivel apical como a nivel basal. En lo que concierne al ángulo apical (C17), el mayor valor (107,78°) se registró en la accesión A19 (typica), seguida por las accesiones A38 (107,37°) y A18 (107,24°); mientras que el menor valor (91,81°) corresponde a A27 (typica). Por otra parte, los resultados obtenidos con relación al ángulo basal (C18) mostraron que la accesión A38 (bourbón rojo) resultó con el mayor valor (107,38°), en tanto que el menor valor (92,08°) corresponde a la accesión A66 (caturre rojo) (Tabla 51).

La menor longitud del pedicelo (C19) se registró en la accesión A66 (caturre rojo) con un valor de 0,19 cm, seguida por la accesión A57 (0,21 cm). La longitud máxima la presentó la accesión A21 (bourbón rojo).

En cuanto al peso del fruto (C20), por norma general, las accesiones de menor tamaño en fruto poseerán los menores pesos, mientras que las accesiones con mayor tamaño reflejarán los mayores pesos. En este estudio las accesiones que han producido frutos de menor peso fueron A6 (0,97 g), A4 (0,98 g), A3 y A5 (1,01 g) y A1 (1,12 g), mientras que la accesión que resultó con frutos de mayor peso fue A38 (bourbón rojo), la cual posee el mayor ancho del fruto y ha registrado a la vez el segundo valor más alto respecto a la longitud del fruto, en comparación con todo el material evaluado.

De acuerdo al análisis realizado para los caracteres del fruto, el coeficiente de variación comprendió valores entre 3,18 % para el ángulo apical (C17) y 24,16% para el peso del fruto (C20) (Tabla 52).

**Tabla 52:** Medidas de centralización y dispersión de los caracteres morfológicos con referencia al fruto, en las 66 accesiones.

CARACTERES	MEDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
Longitud del fruto (cm)	1,62	1,23	1,84	0,13	7,78
Ancho del fruto (cm)	1,27	1,03	1,47	0,09	7,31
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	0,78	0,62	1,11	0,08	10,78
Espesor del fruto (cm)	0,11	0,06	0,14	0,02	19,92
Ángulo apical (°)	100,80	91,81	107,78	3,21	3,18
Ángulo basal (°)	100,18	86,84	107,38	3,72	3,72
longitud del pedicelo (cm)	0,32	0,19	0,49	0,07	21,01
Peso del fruto (g)	1,78	0,97	2,83	0,43	24,16

### 3.4.4 Variación de caracteres evaluados en la semilla

En lo que respecta a la semilla de café, se midieron cuatro caracteres en la semilla (C21: largo de la semilla, C22: ancho de la semilla, C23: distancia de la base a la parte más ancha, C24: peso de la semilla) encontrándose diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) para todos. Estos caracteres mostraron un coeficiente F que varió entre 7,31 para la longitud de la semilla (C21) y 37,68 para el peso de la semilla (C24) (Tabla 53).

**Tabla 53:** Análisis de varianza de las 66 accesiones para los caracteres morfológicos de la semilla.

CARACTERES	CUADRADO MEDIO (ENTRE-GRUPOS)	CUADRADO MEDIO (INTRA-GRUPOS)	COEFICIENTE-F	VALOR-P
Longitud de la semilla (cm)	0,0505646	0,00691364	7,31	< 0,001***
Ancho de la semilla (cm)	0,0218034	0,000795014	27,43	< 0,001***
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	0,0218801	0,002361	9,27	< 0,001***
Peso de la semilla (gr)	0,109211	0,00289845	37,68	< 0,001***

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

Los valores correspondientes a la longitud de la semilla (C21) fluctuaron entre 0,92 cm para la accesión A1 (caturre rojo) y 1,44 cm para la accesión A23 (cavimoro). Este carácter mostró un valor medio de 1,17 cm (Tabla 54).

Con respecto al ancho de la semilla (C22) el menor valor encontrado corresponde a la accesión A49 (caturre rojo) con un valor de 0,69 cm, seguido por las accesiones A28, A8, A1 y A64 con valores de 0,74 0,75, 0,76 y 0,76 cm respectivamente. El mayor valor para el ancho de la semilla lo mostró la accesión A15 (cavimor) con un valor de 1,02 cm.

La distancia entre la base y la parte más ancha de la semilla (C23) varió entre 0,44 cm en la accesión A6 (typica) y 1,02 cm para A32 (caturre amarillo). Es importante recalcar que la diferencia entre el máximo y mínimo valor de este carácter es más del doble.

En cuanto al peso de la semilla (C24), las accesiones de mayor peso fueron A19 (typica) y A38 (bourbón rojo) con un valor de 0,79 g, seguidas por la accesión A18 (0,73 g) y por la A21 y A39 con un valor de 0,72 g. La diferencia de peso entre las accesiones con semillas de mayor peso (A19, A38,

A18, A21 y A39) frente a la de menor peso (A6, typica), es considerable, siendo A6 la de valor mínimo (0,11 g).

**Tabla 54:** Valores medios de las 66 accesiones para los caracteres de la semilla.

	LONGITUD DE LA SEMILLA (cm)	ANCHO DE LA SEMILLA (cm)	DISTANCIA ENTRE LA BASE Y LA PARTE MÁS ANCHA (cm)	PESO DE LA SEMILLA (g)
Accesión	C21	C22	C23	C24
A1	0,92	0,76	0,45	0,67
A2	1,34	0,97	0,64	0,28
A3	1,19	0,94	0,57	0,24
A4	1,27	0,95	0,60	0,27
A5	1,08	0,89	0,47	0,15
A6	1,02	0,84	0,44	0,11
A7	1,11	0,91	0,57	0,25
A8	1,00	0,75	0,50	0,44
A9	1,30	0,91	0,66	0,25
A10	1,20	0,88	0,63	0,21
A11	1,16	0,84	0,57	0,21
A12	1,18	0,83	0,58	0,20
A13	1,15	0,87	0,60	0,24
A14	1,15	0,87	0,63	0,16
A15	1,37	1,02	0,68	0,62
A16	1,35	0,99	0,66	0,57
A17	1,40	1,00	0,70	0,62
A18	1,28	0,96	0,62	0,73
A19	1,29	1,01	0,64	0,79
A20	1,19	0,85	0,57	0,60
A21	1,25	0,90	0,62	0,72
A22	1,37	1,01	0,68	0,60
A23	1,44	1,00	0,72	0,64
A24	1,16	0,79	0,58	0,57
A25	1,10	0,78	0,48	0,42
A26	1,06	0,79	0,46	0,48
A27	1,20	0,80	0,53	0,49
A28	1,07	0,74	0,53	0,42
A29	1,21	0,79	0,61	0,57
A30	1,15	0,78	0,57	0,53
A31	1,10	0,80	0,57	0,49
A32	1,13	0,80	1,02	0,48
A33	1,18	0,80	0,53	0,55
A34	1,17	0,83	0,57	0,56
A35	1,14	0,85	0,55	0,53
A36	1,19	0,81	0,55	0,51
A37	1,24	0,86	0,62	0,70
A38	1,24	0,90	0,61	0,79
A39	1,17	0,89	0,63	0,72
A40	1,25	0,87	0,59	0,58
A41	1,17	0,83	0,58	0,40
A42	1,04	0,81	0,52	0,40
A43	1,21	0,86	0,59	0,44
A44	1,08	0,80	0,52	0,38
A45	1,16	0,90	0,58	0,59

**Tabla 54:** Continuación.

A46	1,09	0,83	0,55	0,55
A47	1,24	0,85	0,62	0,65
A48	1,17	0,81	0,68	0,58
A49	0,95	0,69	0,53	0,48
A50	1,08	0,82	0,63	0,53
A51	1,18	0,85	0,68	0,51
A52	1,23	0,86	0,59	0,62
A53	1,24	0,87	0,61	0,56
A54	1,19	0,87	0,59	0,52
A55	1,23	0,88	0,58	0,53
A56	1,43	0,83	0,61	0,54
A57	1,06	0,81	0,53	0,40
A58	1,06	0,81	0,53	0,46
A59	1,19	0,86	0,59	0,53
A60	1,07	0,85	0,54	0,45
A61	1,09	0,82	0,55	0,48
A62	1,19	0,82	0,59	0,56
A63	1,12	0,81	0,55	0,56
A64	1,04	0,76	0,55	0,41
A65	1,07	0,78	0,56	0,51
A66	1,06	0,80	0,52	0,37
Media	1,17	0,85	0,59	0,48
Error estándar	0,01	0,009	0,009	0,02

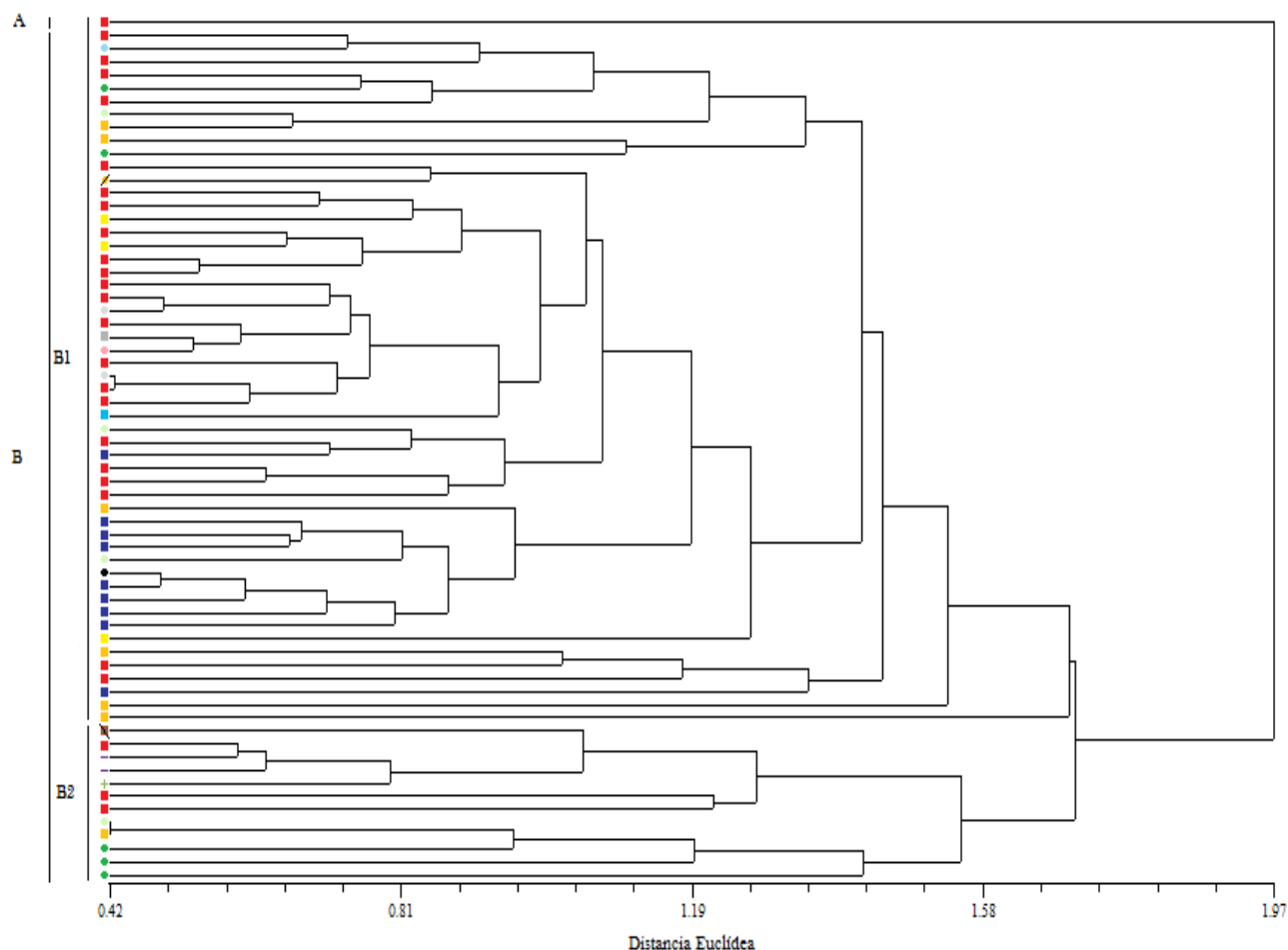
Al analizar los valores estadísticos de los caracteres morfológicos de la semilla se determinó que el coeficiente de variación osciló entre 8,36% para el ancho de la semilla (C22) y 33% para el peso de la semilla (C24) (Tabla 55).

**Tabla 55:** Medidas de centralización y dispersión de los caracteres morfológicos con referencia a la semilla, en las 66 accesiones.

CARACTERES	MEDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
Longitud de la semilla (cm)	1,17	0,92	1,44	0,11	9,28
Ancho de la semilla (cm)	0,85	0,69	1,02	0,07	8,36
Distancia de la base a la parte más ancha (cm)	0,59	0,44	1,02	0,08	13,66
Peso de la semilla (g)	0,48	0,11	0,79	0,16	33,00

### 3.5 ANALISIS MULTIVARIADO SEGÚN 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS

Con referencia al dendrograma UPGMA obtenido a partir de los 24 caracteres morfológicos evaluados (Figura 58), se han identificado claramente dos grupos de accesiones, a los que se les ha denominado ramas principales A y B.



**Figura 58:** Dendrograma UPGMA que relaciona la morfología de 66 accesiones de café arábica, establecidas en 16 grupos agronómicos y con referencia a 24 descriptores morfológicos. Grupos agronómicos: ■ Caturra rojo, ■ Caturra amarillo, ■ Catimor, ■ Bourbón rojo, ■ Bourbón amarillo ■ Typica, ■ Criollo, ■ Pacas, ■ Catimoro rojo, ■ Catimoro amarillo, — Catimoro cogollo morado ■ Catuai rojo, ■ Catuai amarillo, ■ San Salvador, ■ Cavimor, ■ Cavimoro.

A una distancia de 1,97 unidades euclidianas se ha diferenciado la rama principal A conformada tan solo por una accesión (A1, variedad caturra rojo), de todas las accesiones restantes (rama principal B). Esta diferenciación se debe principalmente a que las plantas de A1 (rama principal A) se han caracterizado por presentar un mayor diámetro del tallo (C2), con diferencias significativas, en comparación con el resto del germoplasma evaluado, excepto con dos accesiones (A64 y A37) que presentaron valores inferiores pero muy próximos a los de A1; así como también por ser uno de los materiales con mayores valores en altura de la planta (C1). Además, A1 se ha diferenciado de todas las accesiones de B, por presentar menores valores en dos caracteres de la hoja (C8: longitud de la hoja y C12: longitud del pedicelo foliar), dos caracteres del fruto (C13: largo del fruto y C15: distancia entre la base y la parte más ancha) y en un carácter de la semilla (C21: longitud de la semilla) (Figura 58).

Por lo respecta a la rama principal B, constituida por casi todo el material vegetal evaluado (65 accesiones), está a la vez se ha subdividido en otras dos agrupaciones aquí denominadas ramas B1 y B2. La rama B1 ha agrupado un total de 53 accesiones, las cuales corresponden a todas las variedades establecidas en este estudio, lo que indica que no ha existido una clara

agrupación o diferenciación del material con respecto a los caracteres morfológicos evaluados y a los grupos agronómicos o supuestas variedades; sin embargo, ha existido cierta tendencia a agruparse con referencia principalmente a los grupos caturra, típica y criollo. Dentro de esta rama, dos accesiones de diferente grupo agronómico han resultado con una mínima distancia en el dendograma (A57, catimoro amarillo y A61, caturra rojo) lo cual sugiere que estos materiales son muy parecidos morfológicamente y que su diferenciación se debería únicamente al color de la piel del fruto. Por otra parte, la rama B2 ha agrupado a 12 accesiones pertenecientes a seis variedades distintas, que se han asociado principalmente porque sus plantas han mostrado frutos y semillas con los mayores pesos en comparación con el resto de accesiones ( $\geq 2$  g para el peso del fruto y  $\geq 0,57$  g para el peso de la semilla); el largo del fruto y otros dos caracteres relacionados con la forma del fruto, como lo son el ángulo apical y el ángulo basal, también han aportado a la asociación de dichas accesiones; las cuales se caracterizan por ubicarse entre los materiales que producen frutos con mayores valores para dichos caracteres.

Es importante indicar que dentro de B2 se han identificado dos accesiones (A18, bourbón amarillo y A19, típica) que se han agrupado a una mínima distancia (0,42 unidades euclidianas), sugiriendo que estos dos materiales son muy similares morfológicamente, aunque se diferencian por el color del fruto.

### 3.6 ANÁLISIS MULTIVARIADO DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) PARA 66 ACCESIONES DE CAFÉ CON REFERENCIA A 24 CARACTERES MORFOLÓGICOS

El análisis de componentes principales (ACP) se ha realizado con el fin de identificar qué caracteres poseen mayor grado de variabilidad y su relación con las accesiones estudiadas.

Las componentes principales seleccionadas para el estudio fueron aquellas con auto-valores superiores a 1,0, ya que estos explican la mayor variabilidad, además se definieron las contribuciones individuales y acumuladas de cada componente.

Al estudiar la relación entre las 66 accesiones de café evaluadas mediante del análisis de componentes principales (ACP) se identificó que las tres primeras componentes han acumulado un 54,25 % de la varianza total. La primera componente representa el 30,75 % de la variación total, la segunda componente el 14,29 % y la tercera componente en 9,21 % (Tabla 56).

**Tabla 56:** Valores propios (auto-valores) superiores a 1 y proporción de la varianza total explicada, correspondiente a cada una de las componentes principales con referencia a los 24 caracteres morfológicos de las 66 accesiones de café arábica.

Componentes principales (CP)	Auto-valores ( $\lambda_p$ )	Proporción de la varianza total explicada	
		Individual (%)	Acumulada (%)
CP1	7,38	30,75	30,75
CP2	3,43	14,29	45,04
CP3	2,21	9,21	54,25
CP4	2,01	8,39	62,64
CP5	1,56	6,51	69,15
CP6	1,14	4,75	73,9
CP7	1,04	4,34	78,24



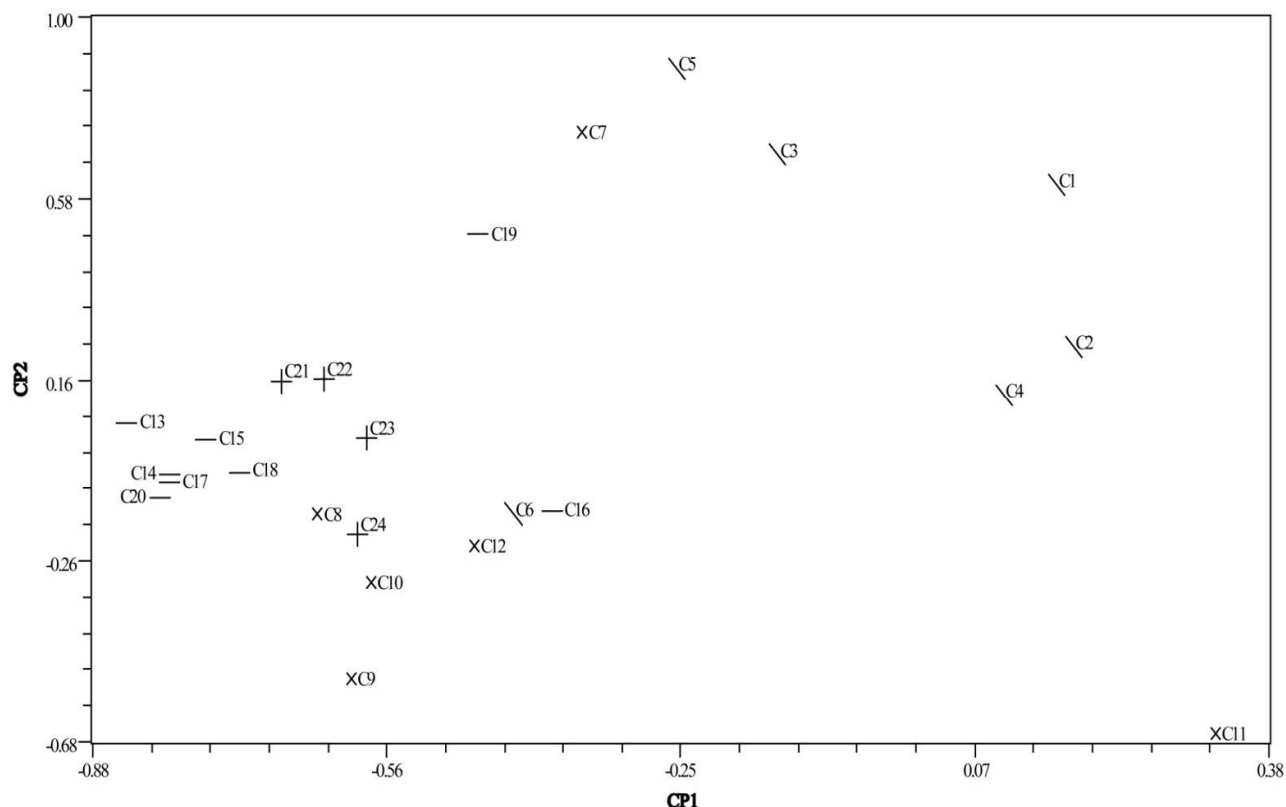
Con referencia a los vectores propios o eigen vectores, la Tabla 57 muestra las contribuciones de los 24 caracteres a las tres primeras componentes.

**Tabla 57:** Construcción de las tres primeras componentes principales (auto-vectores) en base a los 24 caracteres morfológicos.

Caracteres		Vectores propios o auto-vectores*		
		Primera componente	Segunda componente	Tercera componente
<b>Arquitectura de la planta</b>				
C1	Altura de la planta (m)	0.17	0.60	0.43
C2	Diámetro del tallo (cm)	0.19	0.18	0.35
C3	Diámetro de la copa (cm)	-0.09	0.67	-0.24
C4	Distancia entre nudos (cm)	-0.21	<b>0.89</b>	0.17
C5	Frutos por rama (número)	-0.42	-0.14	-0.49
C6	Distancia entre infrutescencias (cm)	-0.32	<b>0.78</b>	0.04
<b>Hojas</b>				
C7	Longitud de la arista de la estípula (mm)	0.10	0.14	-0.30
C8	Longitud de la hoja (cm)	-0.65	-0.10	0.23
C9	Ancho de la hoja (cm)	-0.62	-0.50	-0.01
C10	Distancia entre la base y la parte más ensanchada (cm)	-0.61	-0.25	0.25
C11	Ángulo del ápice (grados sexagesimales)	0.29	-0.69	-0.21
C12	Longitud del peciolo foliar (cm)	-0.49	-0.19	-0.26
<b>Fruto</b>				
C13	Longitud del fruto (cm)	<b>-0.85</b>	0.11	-0.24
C14	Ancho del fruto (cm)	<b>-0.80</b>	-0.04	0.07
C15	Distancia entre la base y la parte más ensanchada (cm)	<b>-0.77</b>	0.09	-0.24
C16	Espesor del fruto (cm)	-0.38	-0.15	0.66
C17	Ángulo apical (grados sexagesimales)	<b>-0.79</b>	-0.05	0.16
C18	Ángulo basal (grados sexagesimales)	<b>-0.72</b>	-0.03	0.08
C19	Longitud del pedicelo (cm)	0.06	0.36	-0.06
C20	Peso del fruto (g)	<b>-0.81</b>	-0.08	0.27
<b>Semilla</b>				
C21	Longitud de la semilla (cm)	-0.68	0.22	-0.31
C22	Ancho de la semilla (cm)	-0.61	0.20	-0.39
C23	Distancia entre la base a la parte más ensanchada (cm)	-0.61	0.09	-0.23
C24	Peso de la semilla (g)	-0.61	-0.19	0.54

\* Se resaltan en negrita los valores de mayor contribución (> 0,70  $\lambda_p$ ), independientemente del signo.

El análisis bidimensional de las componentes principales uno y dos (CP1 y CP2) se puede observar en la Figura 59.



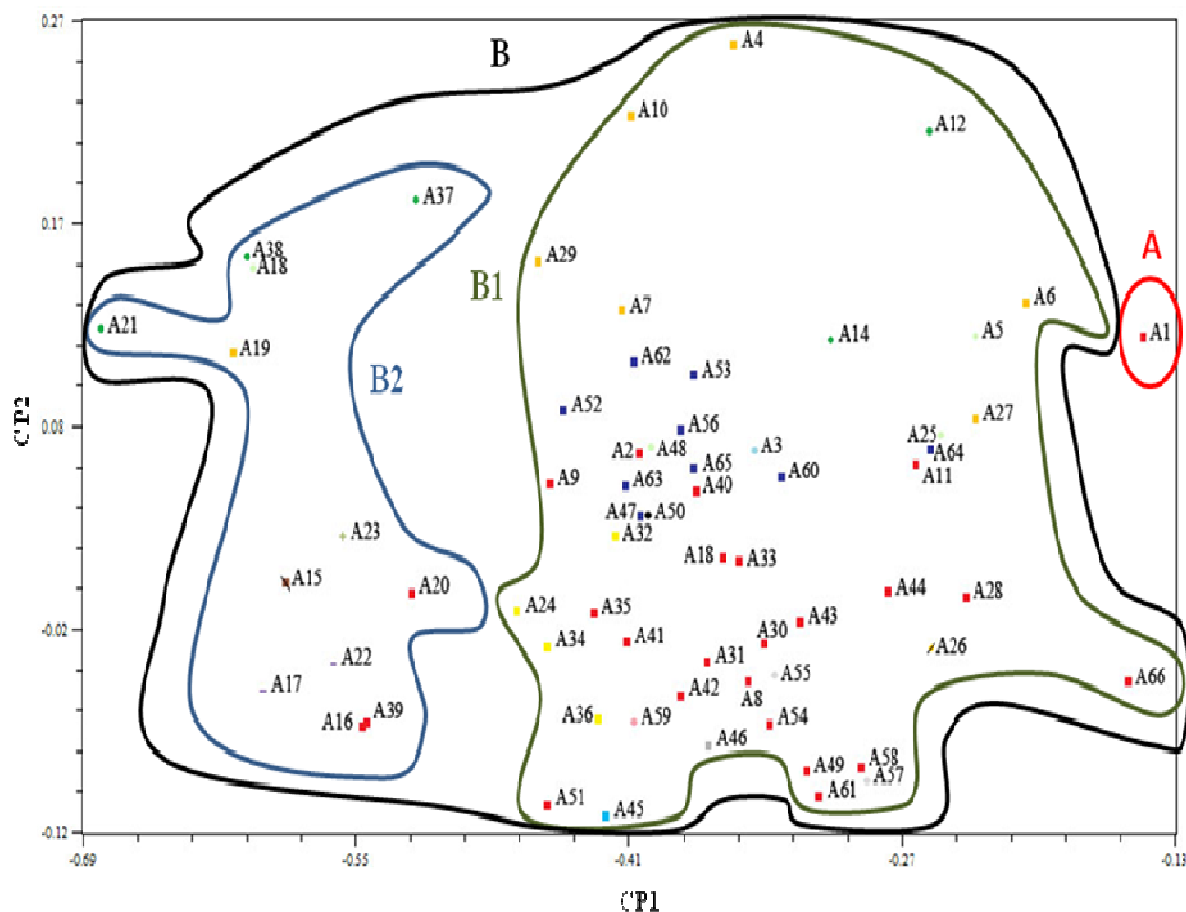
**Figura 59:** Ordenación de 24 caracteres morfológicos con referencia a 66 accesiones de café arábica según CP1 y CP2 establecidas en cuatro grupo de caracteres: \ arquitectura de la planta, X hojas, — frutos, + semillas.

En el momento de analizar la distribución de los 24 caracteres morfológicos en relación con las dos primeras componentes (Tabla 57, Figura 59), se observa que para la primera componente un total de 13 caracteres asumieron valores altos y en forma negativa, seis de los cuales asumieron valores mayores a 0,70 y el resto entre 0,60 y 0,70; estos caracteres fueron los siguientes: seis caracteres relacionados con el fruto (C13, C14, C15, C17, C18 y C20), tres caracteres relacionados con la hoja (C8, C9 y C10) y todos los caracteres de la semilla (C21, C22, C23 y C24).

Con respecto a la segunda componente, los únicos caracteres que contribuyeron con valores altos y positivos ( $> 0,60$ ) han sido los relacionados con la arquitectura de la planta (C1, C3, C4 y C6). Por otra parte, la única contribución alta ( $> 0,60$ ) y en forma negativa, se debe a un carácter relacionado con las hojas (C11: ángulo del ápice) (Tabla 57 y Figura 59).

En cuanto a la tercera componente, de los 24 caracteres evaluados tan solo un carácter (C16: espesor del fruto) ha contribuido en forma positiva con un valor superior a 0,60, por lo que el aporte al ordenamiento de caracteres y accesiones de esta componente no ha sido relevante para este estudio (Tabla 57).

Por otra parte, la figura obtenida mediante el análisis de las dos primeras componentes principales (Figura 59), muestra la tendencia de los caracteres a agruparse con respecto a los grupos de caracteres establecidos en este trabajo, indicando en forma general que están correlacionados entre sí.



**Figura 60:** Ordenación de las 66 accesiones de café arábica con referencia a 24 caracteres morfológicos, según CP1 y CP2. Las accesiones han sido establecidas en 16 grupos agronómicos: ■ Caturra rojo, ■ Caturra amarillo, ■ Catimor, ■ Bourbon rojo, ■ Bourbon amarillo, ■ Typica, ■ Criollo, ■ Pacas, ■ Catimoro rojo, ■ Catimoro amarillo, ■ Catimoro cogollo morado, ■ Catuai rojo, ■ Catuai amarillo, ■ San Salvador, ■ Cavimor, + Cavimoro.

Con referencia a la ordenación de las 66 accesiones, al comparar la primera y segunda componente (Figura 60) se han identificado dos agrupaciones aquí llamadas conjunto principal A y conjunto principal B, de igual forma que en el análisis de agrupamientos (Figura 58); esta forma de agrupamiento ha sido diferenciada a través de la primera componente principal, sobre la cual la accesión A1 (caturra rojo) asumió el mayor valor aunque con diferencias mínimas con respecto a otras accesiones, principalmente con referencia a A66 (caturra rojo); por lo que A1 ha sido asignado como conjunto principal A, mientras que el resto de accesiones conforman el conjunto B, el cual está compuesto por accesiones de diversos grupos agronómicos.

El conjunto A se ha diferenciado de B por presentar menores valores en: longitud de la hoja, longitud del pedicelo foliar, largo del fruto y largo de la semilla; por otra parte, la componente uno permitió identificar de cierta forma no tan clara a dos grupos de accesiones del conjunto principal B llamados subconjuntos B1 y B2, con valores crecientes en cada uno de ellos sobre dicha componente. En lo que se refiere al subconjunto B1, está conformado por 53 accesiones pertenecientes a diversas variedades, las cuales asumieron los mayores valores sobre la componente uno; mientras que el subconjunto B2, compuesto por 12 accesiones, asumieron los valores más bajos sobre dicha componente.

Con referencia a la componente dos, esta no ha aportado una diferenciación significativa entre los materiales estudiados; sin embargo, muestra cierta diferenciación entre los materiales que conforman el grupo B2, aunque esto no es de relevancia.

La forma como se han agrupado las 66 accesiones de café establecidas mediante el análisis de las dos primeras componentes principales (Figura 60) muestra un patrón de agrupamiento similar pero no exacto en comparación a lo encontrado en el estudio de agrupamientos (Figura 58).

## **4. DISCUSIÓN**

### **4.1 VARIABILIDAD DE LOS 24 DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS DEL GERMOPLASMA ESTUDIADO.**

Todos los descriptores, a excepción de la longitud de la arista de la estípula (C7), han mostrado diferencias altamente significativas entre las 66 accesiones de café arábica.

En relación a la arquitectura de la planta, los caracteres estudiados son de gran importancia, debido a que, para una adecuada planificación de un cultivo perenne, como es el caso del café, es de vital importancia encontrar un equilibrio adecuado entre los caracteres de la arquitectura de una determinada accesión, y las condiciones ambientales y topográficas, probable mecanización, densidades de siembra, etc. Además, en relación con la producción, es fundamental relacionar estos caracteres con las actividades de la fitotecnia del cultivo como son: la cosecha, podas, fertilización foliar, controles fitosanitarios y riego (Fischer, 2000; Roos et al., 2005).

De todos los descriptores estudiados, los de arquitectura de la planta son los que mayor variabilidad han presentado. Respecto al diámetro de la copa, el valor encontrado en la accesión con máximo diámetro es casi seis veces superior a la accesión de mínimo valor. Esto demanda una adecuada atención en las prácticas culturales del cultivo debido a que representa una influencia determinante en la densidad de plantación, disponibilidad de mecanización, evapotranspiración del cultivo y consecuentes necesidades hídricas del cultivo, etc. (Acosta-Quezada et al., 2010).

El número de frutos producidos por rama presentó una alta variación con los valores más altos del coeficiente de variación (CV), al compararlos con el resto de caracteres. La diferencia entre la accesión de máximo número de frutos y la de menos es de más de 36 veces. Este carácter representa, desde el punto de vista agronómico gran importancia, puesto que el número de frutos obtenidos es un muy significativo en el rendimiento y productividad del cultivo.

La altura de la planta es muy relevante pues influye de manera notoria en las operaciones de cosecha. El coeficiente de variación (CV) de dicho carácter fue el sexto con mayor coeficiente de los 24 que conforman el estudio.

Con respecto a los caracteres del fruto, el peso fue el que mayor coeficiente de variación presentó. Las accesiones con mayores valores de este carácter fueron A38 y A21 pertenecientes al grupo agronómico bourbón rojo, A39 de caturra rojo y A19 de la variedad típica. Cabe mencionar, que la accesión A1 conformada por la variedad caturra rojo obtuvo dimensiones y peso del fruto de las más pequeñas del todo el material colectado, por lo que se

ha diferenciado significativamente del resto de materiales, según lo determinado a través del estudio multivariado, especialmente mediante el análisis de agrupamientos.

De los cuatro caracteres estudiados en la semilla, el peso de la misma fue el que mayor coeficiente de variación obtuvo, con una diferencia entre el valor máximo y mínimo de más de siete veces. La accesión A1, a pesar de poseer uno de los menores valores en cuanto a dimensión de la semilla, obtuvo el sexto valor más grande con respecto a su peso, en cambio, en el peso del fruto mostró el cuarto valor más pequeño, lo que puede implicar una gran diferencia con el resto de accesiones, cuyos tamaños están directamente relacionados con el peso del fruto y semilla. En el caso del café, el órgano por el cual se cultiva, procesa y consume esta especie es precisamente la semilla, la cual se comercializa por peso, ya sea en fruto fresco (cereza), grano pelado y seco (pergamino), entre otras alternativas, por lo que materiales vegetales con mayor peso de la semilla serán de interés para la producción y comercialización.

Como se ha mencionado anteriormente, todos los caracteres considerados en este estudio han resultado con diferencias altamente significativas entre los materiales estudiados, exceptuando la longitud de la arista de la estípula (C7). En lo que respecta a los caracteres de la semilla, pese a que han resultado con coeficientes de variación con valores relativamente bajos, exceptuando su peso, estos resultaron con diferencias significativas que reflejan su importancia en la diferenciación de materiales y en su consideración para la siembra. De hecho, la amplia variación para los caracteres del órgano o parte de la planta por el cual ha sido domesticada una especie es un fenómeno común entre las especies cultivadas (Zohary & Spiegel-Roy, 1975). Así, por ejemplo, en algunas especies de solanáceas aprovechadas por sus frutos (como pepino dulce, berenjena, tomate, tamarillo, etc) se ha descrito una considerable variación de sus bayas (Acosta-Quezada et al, 2011; Anderson et al., 1996; Prohens et al., 2005; Ranc et al., 2008); esto estaría relacionado con lo encontrado en el presente estudio realizado en café.

#### **4.2 RELACIÓN MORFOLÓGICA ENTRE EL GERMOPLASMA DE CAFÉ ARÁBIGA SEGÚN EL ANÁLISIS MULTIVARIANTE**

Los resultados obtenidos en el análisis de agrupamientos han permitido identificar las accesiones en diferentes grupos, distanciando la accesión A1 (catarra rojo) del resto del material vegetal. Los grupos formados fueron el A, conformado sólo por A1, y el B formado por el resto de accesiones, este a su vez se divide en dos subgrupos B1 ( 53 accesiones) y B2 (12 accesiones). Dentro del subgrupo B1 existen dos accesiones A57 (catimoro amarillo) y A61 (catarra rojo) con el menor distanciamiento entre sí, lo que sugiere que pese a producir frutos con piel de diferente color, que morfológicamente son muy parecidos. Asimismo en el subgrupo B2 también existen dos accesiones (A18, bourbón amarillo y A19, típica) con una distancia euclídea muy pequeña, con la diferencia del color del fruto.

El evidente distanciamiento de la accesión A1 se debe a que los cafetos pertenecientes a este grupo se encuentran dentro de los más altos y con un diámetro del tallo también de los más elevados. Además, sus hojas, semillas y frutos se encuentran dentro de los valores de menor tamaño de todo el germoplasma. Un aspecto particular de esta accesión fue que a pesar de sus pequeñas dimensiones de las semillas, el peso de estas fue de los más elevados. En lo que respecta al resto de materiales, estos no se han agrupado de una forma clara, diferenciándose unas de otras a lo largo del dendograma obtenido, considerándose entonces que las accesiones no se han agrupado obedeciendo a los grupos agronómicos establecidos.

En cuanto a la ordenación de los caracteres, estos han tendido a agruparse según los descriptores pertenecientes a una misma parte de la planta considerando las cuatro agrupaciones establecidas en el estudio (arquitectura de la planta, hoja, fruto y semilla), lo que indica que los caracteres se correlacionan entre sí de acuerdo a un mismo órgano o parte de la planta. El análisis de componentes principales (ACP) ha diferenciado principalmente a la accesión A1 del resto de materiales, aunque no con la misma claridad que lo encontrado en el estudio de agrupamientos. Tampoco ha agrupado al resto de materiales conforme a los grupos agronómicos.

En general, la diferenciación o agrupación del germoplasma de café evaluado en este trabajo, según el estudio multivariado (agrupamientos y ACP), no ha sido clara respecto a los grupos agronómicos establecidos, no encontrándose materiales que sean exactamente similares entre sí, lo que sugiere que el café distribuido en el sur ecuatoriano posee una considerable diversidad.

## 5. CONCLUSIONES

En la actualidad, América latina presenta poca variabilidad genética de café debido a que en la mayor parte de países se produce café arábica introducido desde Holanda, Francia e Isla Reunión durante los siglos XVIII y XIX. El aumento de países consumidores de café de calidad, ha motivado a muchos organismos y asociaciones de productores a superar las grandes limitaciones del cultivo como son: la calidad del producto, la productividad, la resistencia a plagas y enfermedades, la obtención de material vegetal adaptado a la zona, etc.

El café (*Coffea* sp.) representa uno de los principales productos agrícolas en Ecuador, sin embargo, actualmente este sector no es competitivo debido a diversos problemas. Uno de los inconvenientes a los que se enfrenta la caficultura ecuatoriana es la falta de conocimiento de los tipos o cultivares de café sembrados en las diferentes zonas de Ecuador. Esto da como resultado a una mezcla de variedades sin control alguno en las plantaciones, lo que afecta de forma notoria a la comercialización y a la calidad del producto. En este sentido, la caracterización morfológica permite conocer de manera preliminar la forma en que se relacionaban las accesiones estudiadas; además, a través de esta actividad se pudo describir morfológicamente el material vegetal utilizado por los productores y sus implicaciones en la fitotecnia y comercialización del producto.

Es de mencionar que esta caracterización constituye un trabajo preliminar para una futura zonificación del germoplasma en el sur de Ecuador. En este sentido, el Centro de Investigación, Transferencia de Tecnología, Extensión y Servicios Agropecuarios de la Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador), se encuentra realizando un estudio relacionado con la “caracterización vegetal (molecular, agronómica y organoléptica) del café *Coffea arabica* L., distribuido en el sur ecuatoriano”.

## **IV. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL COFFEA ARABICA EN LA PARROQUIA VILCABAMBA**

### **1. INTRODUCCIÓN**

A través de un conjunto de variables ambientales propias de la parroquia Vilcabamba, del conocimiento de las condiciones agroecológicas óptimas para el establecimiento y manejo del cultivo de café, y del análisis de una imagen Landsat TM, se confeccionó un mapa potencial del café, que mostró una zonificación de los sitios adecuados para el establecimiento de los cafetales y su respectiva planificación en el manejo del cultivo.

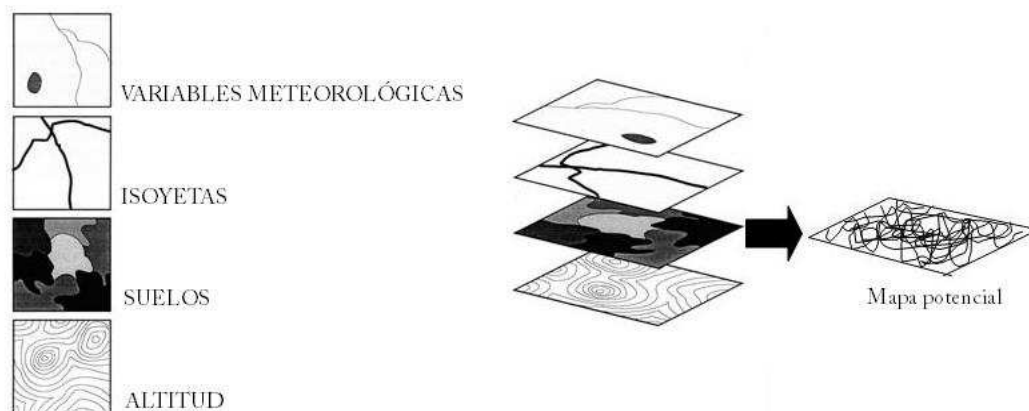
Para la generación de mapas (como el de uso potencial del café) mediante sistemas de información geográfica es necesario disponer de variables ambientales incorporadas a un sistema de información geográfica, como por ejemplo: variables meteorológicas (temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y heliofanía), condiciones del suelo (textura, capacidad de campo, permeabilidad, materia orgánica, pH, contenido de N, P y K, Ca, entre otros), disponibilidad de agua para riego (infraestructura, caudales disponibles, gestión de los sistemas de riego, etc.); sin embargo, para el desarrollo del presente trabajo no se dispone de todas estas variables, tratándose de un trabajo preliminar se considerará la siguiente información de la cual se dispone: temperatura, precipitación, textura, topografía, materia orgánica, pH y nitrógeno.

El mapa potencial del café se elaboró de la siguiente manera:

Se disponía de mapas temáticos (escala 1: 100.000) de las condiciones ambientales mencionadas anteriormente, dentro de una base de datos SIG elaborados por el Gobierno Provincial de Loja (HCPL, 2004), el proyecto Bosque Seco (PBS, 1999) y por el programa de ordenamiento territorial de la cuenca binacional Catamayo–Chira (UNIGECC, 2002). Estos mapas corresponden a las siguientes temáticas:

- Mapa de división política del cantón Loja y sus respectivas parroquias (HCPL, 2004).
- Curvas a nivel cada 40 metros (HCPL, 2004; UNIGECC, 2002).
- Mapa base del cantón Loja (HCPL, 2004).
- Mapa de Zonas de Vida del cantón Loja (HCPL, 2004).
- Mapa de Isoyetas del cantón Loja (HCPL, 2004).
- Mapa de Isotermas del cantón Loja (HCPL, 2004).
- Mapa hidrológico del cantón Loja (HCPL, 2004; UNIGECC, 2002).
- Mapa de uso actual del suelo (HCPL, 2004; UNIGECC, 2002).
- Mapa de uso potencial del suelo en el cantón Loja (HCPL, 2004; UNIGECC, 2002).
- Mapa de distribución de nutrientes del suelo en el cantón Loja (UNIGECC, 2002; PBS, 1999).

Con el uso del programa informático ArcGis 9.3, se realizó una superposición de capas temáticas considerando los rangos preestablecidos de las condiciones agroecológicas adecuadas para el cultivo de café; a través de lo cual se obtuvo el mapa potencial del café para la parroquia Vilcabamba (Figura 61).



**Figura 61:** Superposición de información cartográfica para la obtención de un mapa de uso potencial para el cultivo de café en la parroquia Vilcabamba.

## 2. MODELO MATEMÁTICO

Para acotar las zonas potenciales para el cultivo del café en la parroquia de Vilcabamba se ha realizado un modelo matemático basado en los factores utilizados en los mapas elaborados con el programa ARGIS 9.3, siendo estos los siguientes:  $T^a$  (temperatura),  $P$  (precipitaciones),  $N$  (nitrógeno),  $MO$  (materia orgánica),  $pH$  (potencial hidrógeno),  $Pte$  (pendiente del terreno),  $Pr$  (profundidad del suelo) (Tabla 58).

$$ZP = (C(T^a, P), N, MO, pH, Pte, Pr)$$

La ecuación que va a definir la zona potencial de cultivo de café según el modelo propuesto es:

$$ZP = \frac{I_t + I_p + I_N + I_{MO} + I_{pH} + I_{Pte} + I_{Pr}}{n_I}$$

Donde  $ZP$  es la zona potencial para cultivo del cafetal y toma un valor entre 1 y 3,  $n_I$  es el número de índices que hay en total, en este caso son 7. Los índices se obtienen de la siguiente forma:

Índice de temperaturas ( $I_t$ ): Obedece a las temperaturas medias máxima y mínima anuales,  $T_{máx}$  y  $T_{mín}$  respectivamente, del área considerada y a las temperatura máxima ( $T_a$ ) y mínima ( $T_b$ ) necesarias para el desarrollo óptimo del cultivo (Tabla 2).

Si  $(T_{máx}; T_{mín}) \subset (T_a; T_b) \Rightarrow I_t=3$

Si  $(T_{máx}; T_{mín}) \not\subset (T_a; T_b)$  y  $(T_{máx}; T_{mín}) \cap (T_a; T_b) \neq \{\}$   $\Rightarrow I_t=2$

Si  $(T_{máx}; T_{mín}) \cap (T_a; T_b) = \{\} \Rightarrow I_t=1$

Índice de precipitaciones ( $I_p$ ): Depende de las precipitaciones máximas ( $P_{máx}$ ) y mínimas ( $P_{mín}$ ) anuales de la zona de estudio y de las precipitaciones óptimas máximas ( $P_a$ ) y mínimas ( $P_b$ ) para el desarrollo del café.



Si  $(P_{\text{máx}}, P_{\text{mín}}) \subset (P_a, P_b) \Rightarrow I_p=3$

Si  $(P_{\text{máx}}, P_{\text{mín}}) \not\subset (P_a, P_b)$  y  $(P_{\text{máx}}, P_{\text{mín}}) \cap (P_a, P_b) \neq \{\} \Rightarrow I_p=2$

Si  $(P_{\text{máx}}, P_{\text{mín}}) \cap (P_a, P_b) = \{\} \Rightarrow I_p=1$

**Tabla 58:** Condiciones óptimas para el cultivo de café (IHCAFE, 1998; Valencia y Bravo, 1975).

CLIMA		SUELO				
Temperatura (°C)	Precipitaciones (mm)	Nitrógeno	Materia orgánica	pH	Pendiente	Profundidad (cm)
15-24	1000-3000	>3%	>2%	5,5-6,5	< 30%	>50

Índice de nitrógeno ( $I_n$ ): Obedece a la cantidad máxima de nitrógeno ( $N_{\text{máx}}$ ) y mínima ( $N_{\text{mín}}$ ) presente en el suelo del área de estudio y a las cantidades óptimas máximas ( $N_a$ ) y mínimas ( $N_b$ ) adecuadas para el cafetal.

Si  $(N_{\text{máx}}, N_{\text{mín}}) \subset (N_a, N_b) \Rightarrow I_p=3$

Si  $(N_{\text{máx}}, N_{\text{mín}}) \not\subset (N_a, N_b)$  y  $(N_{\text{máx}}, N_{\text{mín}}) \cap (N_a, N_b) \neq \{\} \Rightarrow I_p=2$

Si  $(N_{\text{máx}}, N_{\text{mín}}) \cap (N_a, N_b) = \{\} \Rightarrow I_p=1$

Índice de materia orgánica ( $I_{MO}$ ): Depende del porcentaje de materia orgánica máximo ( $MO_{\text{máx}}$ ) y mínimo ( $MO_{\text{mín}}$ ) establecido en la zona estudiada y del porcentaje máximo ( $MO_a$ ) y mínimo ( $MO_b$ ) adecuado para el correcto establecimiento y desarrollo del cultivo.

Si  $(MO_{\text{máx}}, MO_{\text{mín}}) \subset (MO_a, MO_b) \Rightarrow I_{MO}=3$

Si  $(MO_{\text{máx}}, MO_{\text{mín}}) \not\subset (MO_a, MO_b)$  y  $(MO_{\text{máx}}, MO_{\text{mín}}) \cap (MO_a, MO_b) \neq \{\} \Rightarrow I_{MO}=2$

Si  $(MO_{\text{máx}}, MO_{\text{mín}}) \cap (MO_a, MO_b) = \{\} \Rightarrow I_{MO}=1$

Índice de pH ( $I_{pH}$ ): Se relaciona con el pH máximo ( $pH_{\text{máx}}$ ) y al mínimo ( $pH_{\text{mín}}$ ) existente en los suelos de la parroquia Vilcabamba y al pH máximo ( $pH_a$ ) y mínimo ( $pH_b$ ) óptimo para el café.

Si  $(pH_{\text{máx}}, pH_{\text{mín}}) \subset (pH_a, pH_b) \Rightarrow I_{pH}=3$

Si  $(pH_{\text{máx}}, pH_{\text{mín}}) \not\subset (pH_a, pH_b)$  y  $(pH_{\text{máx}}, pH_{\text{mín}}) \cap (pH_a, pH_b) \neq \{\} \Rightarrow I_{pH}=2$

Si  $(pH_{\text{máx}}, pH_{\text{mín}}) \cap (pH_a, pH_b) = \{\} \Rightarrow I_{pH}=1$

Índice de pendiente ( $I_{Pte}$ ): Se refiere a la pendiente máxima ( $Pte_{\text{máx}}$ ) y mínima ( $Pte_{\text{mín}}$ ) que se puede encontrar en la zona evaluada y a la pendiente máxima ( $Pte_a$ ) y mínima ( $Pte_b$ ) adecuada para el establecimiento de un cafetal.

Si  $(Pte_{\text{máx}}, Pte_{\text{mín}}) \subset (Pte_a, Pte_b) \Rightarrow I_{Pte}=3$

Si  $(Pte_{\text{máx}}, Pte_{\text{mín}}) \not\subset (Pte_a, Pte_b)$  y  $(Pte_{\text{máx}}, Pte_{\text{mín}}) \cap (Pte_a, Pte_b) \neq \{\} \Rightarrow I_{Pte}=2$

Si  $(Pte_{\text{máx}}, Pte_{\text{mín}}) \cap (Pte_a, Pte_b) = \{\} \Rightarrow I_{Pte}=1$

Índice de profundidad ( $I_{Pr}$ ): Corresponde a la profundidad máxima ( $Pr_{máx}$ ) y mínima ( $Pr_{mín}$ ) presente en la parroquia objeto de estudio y a la profundidad máxima ( $Pr_a$ ) y mínima ( $Pr_b$ ) necesaria para el óptimo establecimiento y crecimiento del cultivo.

Si  $(Pr_{máx}; Pr_{mín}) \subset (Pr_a; Pr_b) \Rightarrow I_{Pr}=3$

Si  $(Pr_{máx}; Pr_{mín}) \not\subset (Pr_a; Pr_b)$  y  $(Pr_{máx}; Pr_{mín}) \cap (Pr_a; Pr_b) \neq \{\}$   $\Rightarrow I_{Pr}=2$

Si  $(Pr_{máx}; Pr_{mín}) \cap (Pr_a; Pr_b) = \{\}$   $\Rightarrow I_{Pr}=1$

La superposición final fue consecuencia de los mapas de: temperatura, precipitación, nitrógeno, materia orgánica, potencial hidrógeno, pendiente del terreno y profundidad del suelo. Esto permitió dividir el terreno en varias clases: zonas óptimas, zonas medianamente óptimas, zonas no óptimas (Tabla 59).

**Tabla 59:** Zonas óptimas (ZP) para el cultivo del café en la parroquia Vilcabamba.

Zonas	$\sum I$	$\sum I/nI$
<b>Zonas óptimas</b>	20	2,85
	19	2,71
	18	2,57
<b>Zonas medianamente óptimas</b>	17	2,43
	16	2,29
	15	2,14
<b>Zonas no óptimas</b>	14	2
	13	1,85
	12	1,71
	11	1,57
	10	1,42

$\sum I$ : sumatorio de todos los índices

Como se mencionó anteriormente, la zona potencial toma valores entre 1 y 3, siendo 3 el máximo valor que pudiera obtener cada índice. Las clases se han establecido según:

Zona adecuada  $ZP \geq 2,57$ ; Zona medianamente adecuada  $2,43 \leq ZP \leq 2,14$ ; Zona no adecuada  $ZP \leq 2$ .

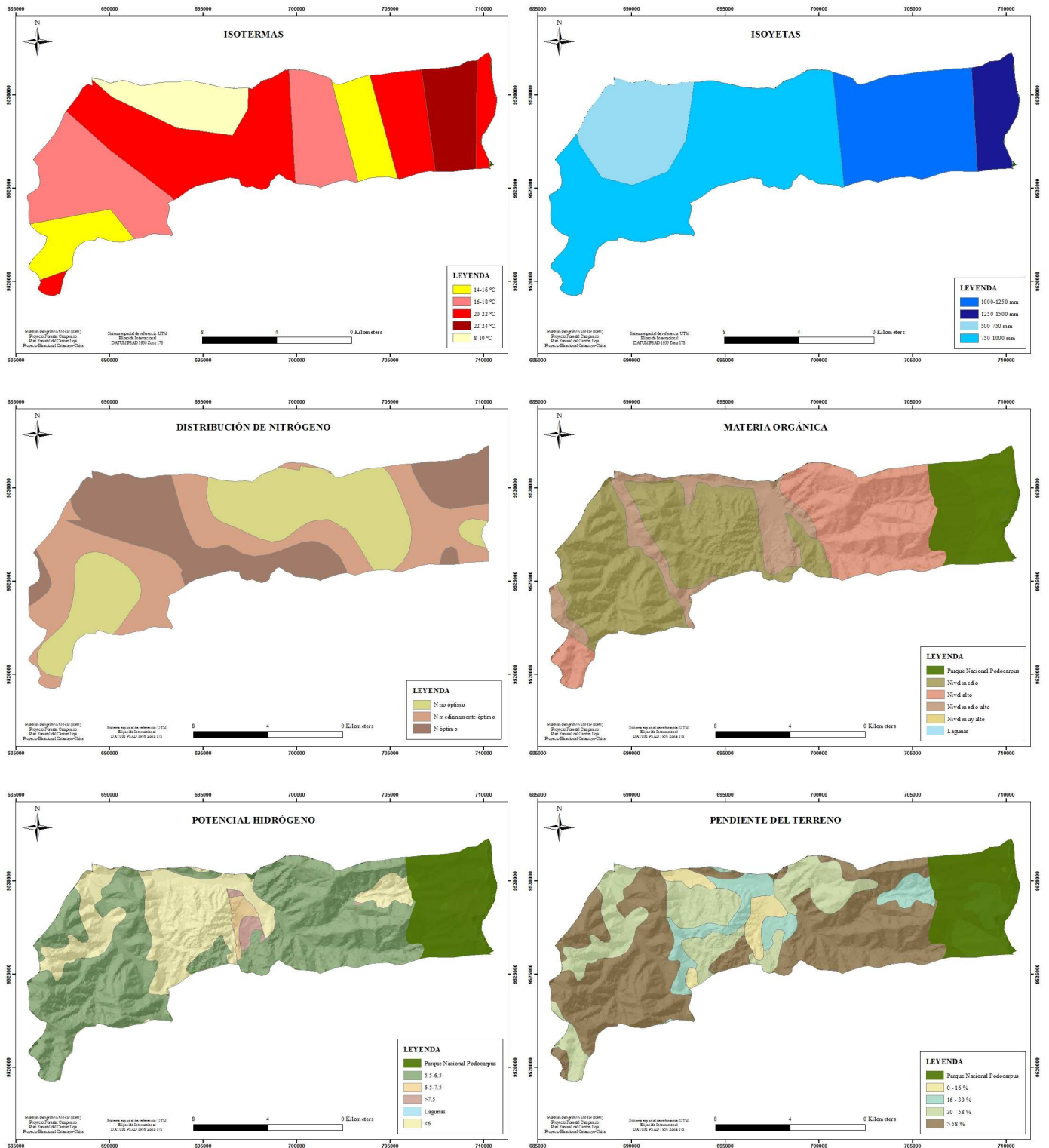
Cabe destacar que no hubo ninguna zona que obtuviera todos los valores más elevados de los índices ( $\sum I/nI = 3$ ), por lo que no hay ninguna que cumpla con exactitud todos los factores necesarios para ser perfectamente óptima, aunque hay varias áreas que cumplen la mayor parte de las condiciones, por lo que se las ha considerado adecuadas.

### 3. MAPA POTENCIAL PARA CULTIVO DEL CAFÉ EN LA PARROQUIA VILCABAMBA

Previo a la superposición final, se elaboró cada mapa buscando (en las bases de datos de SIG disponibles) los atributos que se han considerado en el estudio, zonificando a los mismos, según sus variables (Figura 62).

Se disponía de un mapa de erosión del suelo que no se utilizó para la zonificación, debido a que, en la mayor parte de este territorio, se asientan terrenos bastante erosionados, lo que

hubiese reducido considerablemente la superficie adecuada para el establecimiento del cultivo.



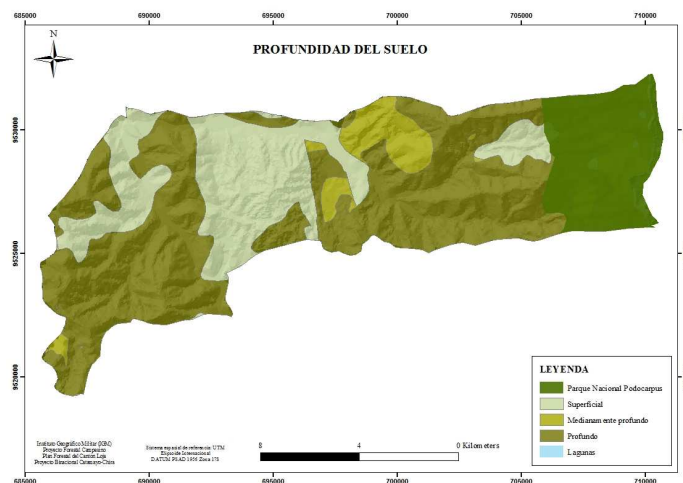


Figura 62: Mapas utilizados para la generación del mapa potencial.

Teniendo en cuenta las condiciones edafoclimáticas óptimas de la región, expresadas anteriormente (Tabla 58), se procedió a la superposición y se obtuvo el mapa potencial para el cultivo del café arábica en la parroquia Vilcabamba (Figura 63).

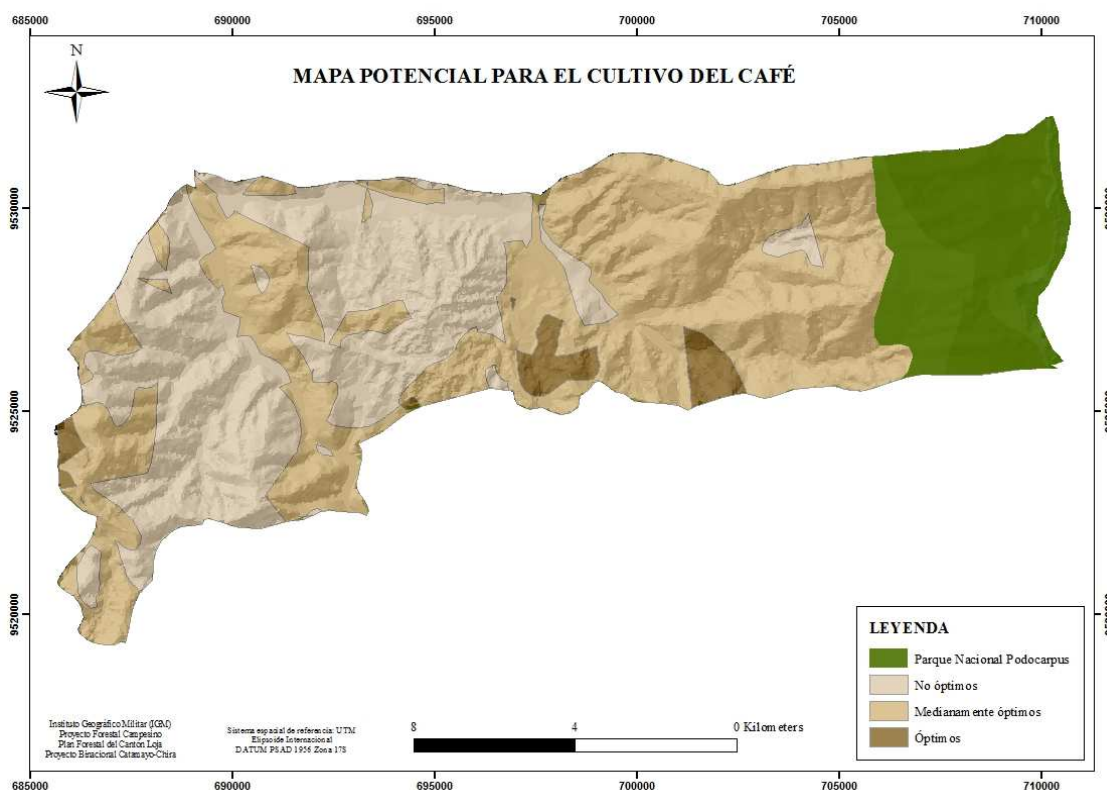


Figura 63: Mapa potencial para el cultivo del café en la parroquia Vilcabamba.

Cabe mencionar, que una parte importante de las áreas potenciales se encuentran integradas dentro del Parque Nacional Podocarpus, donde no se podrá establecer este cultivo, por ser uno de los Parques Nacionales Protegidos más importantes del país.

**Tabla 60:** Superficie ocupada por cada zona considerada en la zonificación agroecológica de *Coffea arabica* en la parroquia Vilcabamba, Loja (Ecuador).

Zonas	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
<b>Zonas óptimas</b>	20,24	12,9
<b>Zonas medianamente óptimas</b>	64,18	40,8
<b>Zonas no óptimas</b>	72,84	46,3
<b>Superficie total de la parroquia</b>	157,26	100

La superficie óptima es bastante reducida (Tabla 60), pues es muy complicado que las siete condiciones favorables se den a la vez; no obstante, en las franjas valoradas como medianamente óptimas e incluso en las no óptimas, se pueden establecer cafetales, sólo que con algunas medidas adecuadas para asegurar la correcta implantación y desarrollo de los cafetos.

#### 4. RECOMENDACIONES PARA LAS ZONAS DE POTENCIAL MEDIO Y BAJO

Para los suelos denominados no óptimos y medianamente óptimos se deberán implementar técnicas de manejo, según la problemática a la que se enfrenten cada uno.

Las temperaturas y precipitaciones de la parroquia son condiciones difícilmente modificables; sin embargo, la temperatura y humedad pueden alterarse de cierta forma mediante el sombrío, aumentando la sombra (mediante la introducción de mayor número de especies utilizadas para este destino y la no poda de las presentes) en zonas secas con temperatura elevadas, y disminuyéndola (mediante podas selectivas y eliminación de parte del sombrío transitorio) en áreas de elevada humedad relativa y temperaturas bajas.

Una característica común en todo el territorio es la elevada erosión que manifiestan los suelos, lo que repercute en el desarrollo de la raíz del cafeto, dando lugar a plantas poco desarrolladas, débiles y vulnerables al ataque de plagas y enfermedades. Vilcabamba se caracteriza por asentarse sobre un terreno accidentado, con pendientes superiores a 58% en gran parte de la región, lo que dificulta el manejo del cultivo y sobretodo, promueve los procesos erosivos. Existen varias técnicas utilizadas en zonas de pendientes pronunciadas, encaminadas a la conservación de suelos como: la siembra en contorno, el establecimiento de barreras vivas, el cultivo en terrazas, canales de desviación del agua, etc. Mediante estas técnicas se podría disminuir la pérdida de suelo y lavado sales minerales solubles, y con ello la erosión de los suelos.

Asimismo, esta degradación del suelo se puede detener, a modo de ejemplo, utilizando en consonancia con el cafetal especies leguminosas adaptadas y presentes en la zona, que proporcionan al suelo una cobertura por la caída de sus hojas y posterior conversión de la cubierta en materia orgánica. Además estas especies tienen la cualidad de fijar nitrógeno, lo que reduce la necesidad del uso de fertilizantes químicos que promueven la erosión.

En gran parte del área de estudio, el pH es ligeramente ácido (5,5-6,5) que es lo recomendable para el café; pese a ello, existe una pequeña superficie con suelos ligeramente alcalinos, que en caso de realizar el cultivo en esa zona, es posible que la producción sea menor que en las

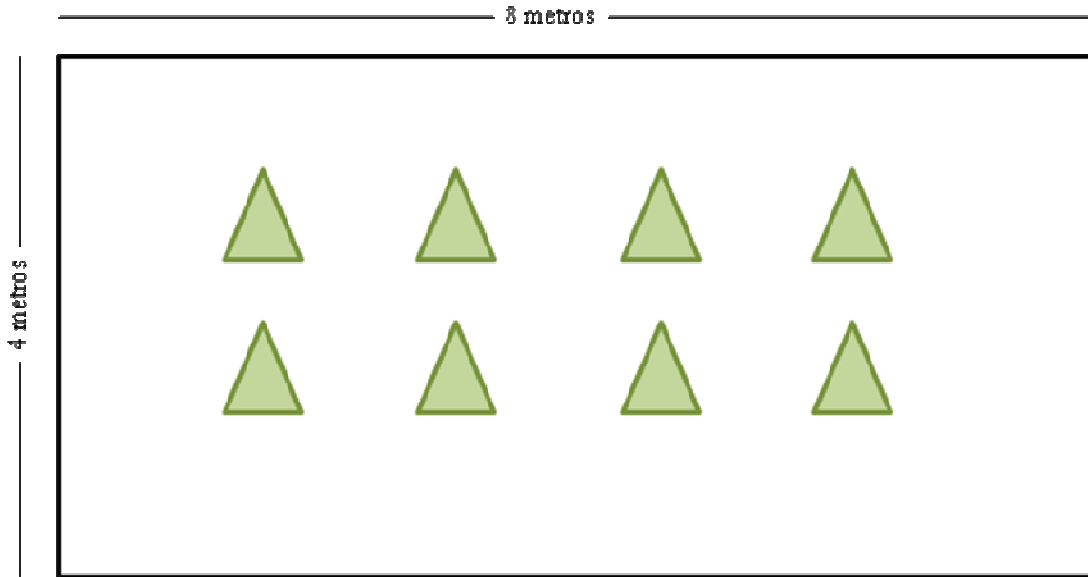
zonas aledañas con pH óptimo, pues los suelos básicos dificultan la asimilación de elementos como el hierro que interviene de gran manera en el crecimiento y desarrollo del cafeto.

En lo referente a la profundidad del suelo, cabe mencionar que es un factor limitante para el caso del cultivo de café, pues por debajo de los 50 centímetros las raíces no tendrán opción a penetrar y desarrollarse adecuadamente. Afortunadamente en el área de estudio abundan los suelos con una profundidad de 50 a 100 centímetros, lo que hace viable, en esas zonas, el correcto desarrollo de cafetal.

A modo de conclusión, se debe indicar que esta zonificación consiste en un estudio preliminar, ya que no se pudieron contar con los datos suficientes (por falta de tiempo y recursos), y los disponibles se encuentran algo anticuados. No obstante, este proyecto constituye un punto de partida para futuros estudios más detallados de suelos y generación de mapas potenciales, de los que podrían obtenerse resultados tangibles.

## V. ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS EXPERIMENTALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Los ingenieros del Departamento de Servicios Agropecuarios de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), dirigidos por el Ingeniero Pablo Acosta, serían los encargados de realizar esta actividad. En este sentido, la UTPL ha realizado varias propuestas de investigación cuya intención es la instalación de parcelas experimentales en la parroquia Vilcabamba. Se establecerán 93 parcelas, distribuidas por toda la parroquia Vilcabamba, de 32 m<sup>2</sup>. El área total a utilizar sería de 2.976 m<sup>2</sup> y se necesitarían 744 plantas. El diseño de la parcela será:



Mediante el desarrollo de esta actividad, se determinarán características fundamentales que permiten mejorar la producción de café, como son: el riego, la fertilización orgánica y el manejo de plagas y enfermedades.

Una vez instaladas las parcelas se realizarán pruebas con dos abonos orgánicos, teniendo en cuenta cada etapa fenológica, se determinarán los requerimientos hídricos locales con el fin de establecer las dosis de riego y se llevará a cabo un manejo integrado de plagas y enfermedades.

Las actividades relacionadas con la fertilización y el riego que se llevaran a cabo serían:

- Un análisis de las propiedades fisico-químicas del suelo que comprenderá los parámetros fisico-químicos de: textura, capacidad de campo, permeabilidad, densidad aparente, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.
- Pruebas de diferentes dosis de fertilizantes orgánicos teniendo en cuenta cada etapa fenológica en la que se encuentre el cafetal.
- La comprobación de los resultados de las dosificaciones de fertilizante mediante nuevos análisis físicos y químicos del suelo.

- Determinación de los requerimientos hídricos locales del cultivo del café y establecimiento de diferentes dosis de riego.

En cuanto al manejo integrado de insectos plaga y enfermedades, las propuestas de los ingenieros del Departamento de Servicios Agropecuarios de la UTPL son:

- El monitoreo e identificación de los principales insectos plaga que afectan al cultivo del café en la parroquia de estudio.
- La evaluación de las principales enfermedades que afectan a los cultivares de café y determinar su incidencia y severidad.
- La aplicación de microorganismos eficientes para el control biológico.

Por otra parte, el personal de la UTPL realizará visitas mensuales a las parcelas, con el fin de que los productores de la Federación de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur (FAPECAFES), en especial los de la Asociación Agroartesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del Cantón Loja (APECAEL), y así como becarios de la universidad interesados en el tema, puedan participar en todas las actividades. A través de esto se busca intercambiar experiencias tanto de campo como tecnológicas entre los productores de café de Vilcabamba y el personal de la UTPL. Otra iniciativa es editar y publicar un manual didáctico relacionado con el cultivo del café bajo sombra.

Los resultados que se obtendrían de esta actividad serían:

Obtención de tratamiento óptimos de fertilización lo que produciría un aumento de la productividad del cultivo de café.

Conocimiento de las dosis óptimas de requerimientos hídricos con la finalidad de obtener un riego eficiente del café.

Disminución de la incidencia de insectos plaga y enfermedades en el cultivo del café.

Extensión de la agronomía del cultivo y publicación de un manual para el cultivo del café.



## **VI. PLAN ECONÓMICO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

### **1. PLAN ECONÓMICO**

El objetivo del plan económico es reflejar la inversión necesaria para la realización del proyecto “Modelo de gestión productiva para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en el sur de Ecuador.

Se han tenido en cuenta una serie de criterios para la elaboración del presupuesto:

- El presente estudio se encuentra en la fase de anteproyecto. Los costes asumidos para el plan económico son los necesarios para la fase de proyecto detallado.
- El tiempo necesario para poder ejecutar el proyecto adecuadamente son dos años, pues el cafeto, desde el trasplante, es lo que tarda generar los primeros frutos.
- La moneda empleada es el dólar americano, que se introdujo en el país en el año 2000.
- El director del proyecto (ingeniero) se encargará de supervisar las tareas de los técnicos agropecuarios, por lo que sus horas de trabajo serán más reducidas.

#### **1. 1 PRESUPUESTO DESGLOSADO**

El estudio financiero se ha dividido en cuatro partes:

1. Mano de obra necesaria para llevar a cabo el proyecto: se han considerado sólo los salarios referidos a la mano de obra del ingeniero, los técnicos y peones.
2. Transporte y dietas: incluye la gasolina y la alimentación de los ingenieros y técnicos durante las salidas.
3. Equipos, materiales y suministros: en este apartado se han incluido todos los dispositivos, materiales y provisiones necesarios para realizar el estudio.
4. Gastos generales e imprevistos: se ha considerado el 10% del monto para posibles imprevistos durante la ejecución del proyecto.

A continuación se pueden ver reflejados los costes finales para poder llevar a cabo este proyecto.

## 1. Mano de obra

MANO DE OBRA	1.1. Estudio socioeconómico de Vilcabamba				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hr)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.1.1. Revisión de bases de datos existentes de Vilcabamba (administraciones públicas, cooperativas y demás organismos involucrados).	Ingeniero	1	5	10	50
	Técnico	2	30	8	480
1.1.2. Realización de Encuestas poblacionales. Desarrollo de formularios y generación de registros de información.	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	2	40	8	640
1.1.3. Análisis de datos obtenidos en las encuestas poblacionales.	Ingeniero	1	12	10	120
	Técnico	2	35	8	560
1.1.4. Evaluación y presentación de resultados obtenidos.	Ingeniero	1	20	10	200
	Técnico	2	12	8	192
Total Coste Estudio Socioeconómico					2.262
MANO DE OBRA	1.2. Caracterización morfológica y molecular				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hr)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.2.1 Obtención de muestras de germoplasma de la parroquia Vilcabamba	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	3	80	8	1.920
1.2.2. Medición del material vegetal mediante el analizador de imagen (IMAGE TOOL).	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	2	90	8	1.440
1.2.3 Introducción de datos medidos en los programas estadísticos y análisis de resultados.	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	2	50	8	800
1.2.4 Extracción de ADN y caracterización molecular.	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	2	100	8	1.600
Total Coste de las caracterizaciones					5.840

MANO DE OBRA	1.3. Instalación de parcelas				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hr)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.3.1. Búsqueda de parcelas que reúnan las características adecuadas para el desarrollo de Café arábica.	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	2	30	8	480
1.3.2. Movimiento de Tierras/Laboreo.	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	2	6	8	96
	Peón	3	40	4	480
1.3.3. Instalación de Sistema de Riego.	Ingeniero	1	5	10	50
	Técnico	2	10	8	160
	Peón	5	45	4	900
Total Coste Instalación Parcelas					2.206
MANO DE OBRA	1.4. Muestreo y análisis de suelos, y toma de datos mediante GPS				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hr)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.4.1. Toma de muestras de suelo y datos de GPS de la zona de estudio.	Ingeniero	1	5	10	50
	Técnico	6	70	8	3.360
	Peón	3	70	4	840
1.4.2. Análisis de muestras a nivel de laboratorio.	Ingeniero	1	6	10	60
	Técnico	2	60	8	960
Total Coste muestreo y análisis de suelos					5.270
MANO DE OBRA	1.5. Trasplante				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hr)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.5.1. Análisis representativo de variedades de Café arábica adecuadas.	Ingeniero	1	3	10	30
	Técnico	2	8	8	128
1.5.2. Trasplante de plántulas de Café arábica.	Ingeniero	1	5	10	50
	Técnico	2	20	8	320
	Peón	4	40	4	640
Total Coste del trasplante					1.168

MANO DE OBRA	1.6. Fertilización				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hr)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.6.1. Estudio previo sobre los abonos adecuados en cada etapa fenológica.	Ingeniero	1	5	10	50
	Técnico	2	8	8	128
1.6.2. Fertilización orgánica de parcelas.	Ingeniero	1	6	10	60
	Técnico	2	10	8	160
	Peón	3	40	4	480
Total Coste fertilización					878
MANO DE OBRA	1.7. Programa epidemiológico				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hr)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.7.1. Estudio previo sobre las principales plagas y enfermedades de la zona.	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	1	8	8	64
1.7.2. Control de plagas y enfermedades mediante tecnología sostenible.	Ingeniero	1	8	10	80
	Técnico	2	48	8	768
	Peón	3	30	4	360
Total Coste del programa epidemiológico					1.292
MANO DE OBRA	1.8. Zonificación a nivel edafológico y climatológico				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hr)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.8.1. Creación de bases de datos mediante los valores del análisis de suelos y del GPS.	Ingeniero	1	2	10	20
	Técnico	2	16	8	256
1.8.2. Obtención de variables meteorológicas de la zona.	Ingeniero	1	6	10	60
	Técnico	2	8	8	128
1.8.3. Mediante SIG obtención del mapa potencial para el cultivo del café.	Ingeniero	1	5	10	50
	Técnico	2	50	8	800
Total Coste de la zonificación					1.314

ACTIVIDADES	1.9. Reuniones de sociabilización y entrega de ejemplares del proyecto a los productores				
	Personal	Cantidad	Esfuerzo(hrs)	Precio(\$/hr)	Coste(\$)
1.9.1. Elaboración de un informe final que muestre los resultados obtenidos y las recomendaciones a seguir según cada zona específica. Entrega del manual.	Ingeniero	1	6	10	60
	Técnico	2	80	8	1.280
1.9.2. Reuniones de seguimiento con los productores.	Ingeniero	1	30	10	300
	Técnico	7	80	8	4.480
<b>Total Coste de la sociabilización y seguimiento</b>					<b>6.120</b>

COSTE TOTAL DE LA MANO DE OBRA (\$)	
1.1. Estudio Socioeconómico	2.262
1.2. Caracterizaciones	5.840
1.3. Instalación Parcelas	2.206
1.4. Muestreo y análisis de suelos	5.270
1.5. Trasplante	1.168
1.6. Fertilización	878
1.7. Programa epidemiológico	1.292
1.8. Zonificación	1.314
1.9. Reuniones	6.120
<b>TOTAL</b>	<b>26.350</b>

## 2. Transporte y dietas

En este punto no se considera la dieta del peón, sólo la del personal de la UTPL. La media de personas por viaje es de 4 y el coste unitario es de 50\$.

Las horas empleadas en salidas al campo por técnicos e ingenieros serán de 451, lo que equivale a aproximadamente 56 viajes técnicos (56,375 viajes x jornadas 8 horas).

MOVILIZACIÓN	Nº DE PERSONAS POR VIAJE	Nº VIAJES	COSTE UNITARIO US\$	COSTE TOTAL US\$
Transporte y dieta	4	56	50	11.200
<b>Total coste de movilización</b>				<b>11.200</b>

### 3. Equipos, materiales y suministros

<b>EQUIPOS, MATERIALES Y SUMINISTROS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Coste Unitario (\$)</b>	<b>Coste Total (\$)</b>
Estación meteorológica	1	1	1.620	1.620
Espectrofotómetro UV	1	1	9.900	9.900
GPS	1	2	360	720
Congelador Vertical	1	1	900	900
Sistema de riego	1	1	12.600	12.600
SMART-Software Fertilización	1	1	1.350	1.350
Análisis de suelos (N, P, K, MO, Textura)	1	258	27	6.966
Fertilizantes y material de muestreo	1	4	337,5	1.350
Plántulas	1	720	1	720
Fundas de suelo	1	900	0,032	28,8
Monitoreo		450	1,03	463,5
Identificación taxonómica	1	450	2.358	1.061,10
Manejo integrado	1	84	10,75	903
<b>Total coste de equipos, materiales y suministros</b>				<b>38.582,4</b>

### 4. Gastos generales e imprevistos

<b>GASTOS GENERALES E IMPREVISTOS</b>	<b>COSTE TOTAL US\$</b>
10% del monto de la financiación externa	7.613,24
<b>TOTAL</b>	<b>7.613,24</b>

### 1.2 COSTE FINAL DEL PROYECTO

La financiación necesaria para llevar a cabo el proyecto es de:

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>26.350</b>
<b>MOVILIZACIÓN</b>	<b>11.200</b>
<b>EQUIPOS, MATERIALES Y SUMINISTROS</b>	<b>38.582,4</b>
<b>GASTOS GENERALES E IMPREVISTOS</b>	<b>7.613,24</b>
<b>TOTAL</b>	<b>83.745,64</b>

## 2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CRONOGRAMA																									
ACTIVIDADES	CALENDARIO																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1.1. Estudio socioeconómico de Vilcabamba																									
1.1.1. Revisión de bases de datos existentes de Vilcabamba (administraciones públicas, cooperativas y demás organismos involucrados).																									
1.1.2. Realización de Encuestas poblacionales. Desarrollo de formularios y generación de registros de información.																									
1.1.3. Análisis de datos obtenidos en las encuestas poblacionales.																									
1.1.4. Evaluación y presentación de resultados obtenidos.																									
1.2. Caracterización morfológica y molecular																									
1.2.1 Obtención de muestras de germoplasma de la parroquia Vilcabamba.																									
1.2.2. Medición del material vegetal mediante el analizador de imagen (IMAGE TOOL).																									
1.2.3 Introducción de datos medidos en los programas estadísticos y análisis de resultados.																									
1.2.4 Extracción de ADN y caracterización molecular.																									

CRONOGRAMA																									
ACTIVIDADES	CALENDARIO																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1.3. Instalación de parcelas																									
1.3.1. Búsqueda de parcelas que reúnan las características adecuadas para el desarrollo de Café arábica.																									
1.3.2. Movimiento de Tierras/Laboreo.																									
1.3.3. Instalación del sistema de riego																									
1.4. Muestreo, toma de datos mediante GPS y análisis de suelos																									
1.4.1. Toma de muestras de suelo y datos de GPS de la zona de estudio.																									
1.4.2. Análisis de muestras a nivel de laboratorio.																									
1.5. Trasplante																									
1.5.1. Análisis representativo de variedades de Café arábica adecuadas para Vilcabamba.																									
1.5.2. Trasplante de plántulas de Café arábica.																									



CRONOGRAMA																											
ACTIVIDADES	CALENDARIO																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
1.6. Fertilización																											
1.6.1. Estudio previo sobre los abonos adecuados en cada etapa fenológica.																											
1.6.2. Fertilización orgánica de parcelas (la fertilización depende de la fase fenológica).																											
1.7. Programa epidemiológico																											
1.7.1. Estudio previo sobre las principales plagas y enfermedades de la zona.																											
1.7.2. Control de plagas y enfermedades mediante tecnología sostenible.																											
1.8. Zonificación a nivel edafológico y climatológico																											
1.8.1. Creación de bases de datos mediante los valores del análisis de suelos y del GPS.																											
1.8.2. Obtención de variables meteorológicas de la zona.																											
1.8.3. Mediante SIG obtención del mapa potencial para el cultivo del café.																											

CRONOGRAMA																									
ACTIVIDADES	CALENDARIO																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1.9. Reuniones de sociabilización y entrega de ejemplares del proyecto a los productores																									
1.9.1. Elaboración de un informe final y entrega del manual.																									
1.9.2. Reuniones de seguimiento con los productores.																									

# **BIBLIOGRAFÍA**



**BIBLIOGRAFÍA**

**ACOSTA-QUEZADA, P. G.; MARTÍNEZ-LABORDE, J. B. & PROHENS, J. (2010).** “Variation among tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) accessions from different cultivar groups: implications for conservation of genetic resources and breeding”. *Genet Resour Crop Evolution*, 58 (6): 943-960.

**ANDERSON, G. J.; JANSEN, R. K.; KIM, Y. (1996).** “The origin and relationships of the pepino, *Solanum muricatum* (Solanaceae): DNA restriction fragment evidence”. *Econ Bot* 50: 369-380.

**ANTHONY, F.; ASTORGA, C. & BERTHAUD, J. (1999).** “Los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana”. *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. San José, Costa Rica, 369-406 pp.

**ARCILA, P. J.; BUHR, L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; MEIER, U. & WICKE, H. (2001).** “Application of the extended BBCH-scale for the description of the growth stages of *Coffea* sp”. *Annal Of Applied Biology* 141: 19-27.

**AYAD, W.R.; HODGKIN, T. & JARADAT, A. (1995).** “Molecular genetic techniques for plant genetic resources”. *Internacional Plant Genetic Resources Institute*, Rome, Italy.

**BECERRA, V. & PAREDES, M. (2000).** “Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética”. *Agricultura Técnica*. 60 (3): 270-281.

**BEER, J.; MUSCHLER, R.G. & SOMARRIBA, E. (1998).** “Shade management in coffee and cacao plantations”. *Agroforestry Systems* 38: 139-164.

**CAMARGO, A. P. & CAMARGO, M. B. P. (2001).** “Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia* 60: 65-68.

**CARDENAS, S. J. (2007).** “Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE”. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*. Turrialba, Costa Rica, 103 pp.

**CARVAJAL, J. F. (1984).** “Cafeto. cultivo y fertilización”. *Instituto Internacional de la Potasa*. Berna, Suiza, 254pp.

**CASTRO, P.; CONTRERAS, Y.; LACA, D. & NAKAMATSU, K. (2004).** “Café de especialidad: alternativa para el sector cafetalero peruano”. *Esan-cuadernos de difusión*, 9 (17): 61-82.

**CENICAFÉ- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ (1999).** “Beneficio ecológico del café”. *Ingeniería Agrícola*, 273 pp.

**CENTRO DE ASESORÍA DE DESARROLLO SOCIAL Y EMPRESARIAL-CADES-UTPL (2002).** “Indicadores socioeconómicos y estrategias para combatir la pobreza en la provincia de Loja”. *Ecuador, Loja*.

**CHRISTIANSEN, J. A. (2004).** “Café Orgánico con Diversificación”. 1ª ed. Lima, Perú, 346pp.

**CIEPO- CENTRO DE INVESTIGACIÓN POPULAR (2007).** “Seguridad alimentaria y diversificación agropecuaria”. Publicado en internet-  
<http://www.ciepo.org/txt/seguridadalimentaria.html> [mayo, 2011].

**COFENAC - CONSEJO CAFETALERO NACIONAL (2011).** “Diagnóstico: el sector cafetalero ecuatoriano”. Ecuador, Portoviejo.

**CORECAF – CORPORACIÓN ECUATORIANA DE CAFETALEROS (2000).** “Determinación de los parámetros técnicos para plantaciones tradicionales y plantaciones tecnificadas de café arábica y robusta”. Quito.

**CORECAF - CORPORACIÓN ECUATORIANA DE CAFETALEROS (2005).** “Estudio de la experiencia de CORECAF en la cadena de café en Ecuador”.

**ENRIQUE, G. (1991).** “Descripción y evaluación de los recursos genéticos”. Técnicas para el manejo y uso de los recursos genéticos vegetales. Quito, Ecuador, 116-160 pp.

**ESQUINAS-ALCAZAR, J.T. (1993).** “La diversidad genética como material básico para el desarrollo agrícola”. La agricultura del siglo XXI. Mundi-Prensa, Madrid, 79-102 pp.

**FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (2000).** “Ecuador”. AQUASTAT. Publicado en internet-  
[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/ecuador/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/ecuador/indexesp.stm) [febrero, 2010].

**FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (2009).** “Preliminary 2009 data now available for selected countries and products”. Publicado en internet-  
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> [diciembre, 2010].

**FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (2010).** “ El segundo informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el mundo”.

**FAPECAFES - FEDERACIÓN REGIONAL DE ASOCIACIONES DE PEQUEÑOS CAFETALEROS ECOLÓGICOS DEL SUR (2011).** “Presentación mesa redonda regional”.

**FHIA - FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA (2004).** “Producción de café con sombra de maderales”. La Lima, Cortés, Honduras.

**FISCHERSWORRING, B. & ROB KAMP, R. (2001).** “Guía para la caficultura ecológica”. 3ªed. Lima, Perú, 176pp.

**FISHER, G. (2000).** “Ecophysiological aspects of fruit growing in tropical highlands”. Acta Horti 531:91-98.

**FRANCO, T. L. & HIDALGO, R. (2003).** “Análisis estadístico de caracterización morfológica de recursos Fitogenéticos”. Boletín técnico n°.8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia, 89pp.

**FUNDACIÓN COLINAS VERDES (2005).** “Asociación agroartesanal de productores ecológicos de café especial del cantón Loja”. Publicado en internet- [http://www.colinasverdes.org/loja\\_cafe\\_de\\_especialidad.php](http://www.colinasverdes.org/loja_cafe_de_especialidad.php) [junio, 2011].

**FÜRST, M. (2005).** “Control biológico de la broca de café en la producción de café orgánico”. Naturland-Asociación para la agricultura orgánica.

**GONZÁLEZ-ANDRÉS, F (2001).** “La caracterización vegetal: objetivos y enfoques”. Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos. Valladolid, España, INEA, 189-198 pp.

**GPL - GOBIERNO PROVINCIAL DE LOJA (2011).** “Aviturismo”. Publicado en internet- <http://www.gpl.gob.ec/?p=1115> [30, enero, 2011].

**GUERRERO, R. R. (1980).** “La recomendación de fertilizantes, fundamentos y aplicaciones”. Fertilidad de suelos, Diagnóstico y Control, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia, 225-267 pp.

**HCPL -HONORABLE CONSEJO PROVINCIAL DE LOJA (2004).** “Programa forestal de la provincia de Loja”. Ecuador, Loja.

**HCPL- HONORABLE CONSEJO PROVINCIAL DE LOJA (2004).** “Diagnóstico ambiental de la provincia de Loja”. Dirección de Gestión Ambiental. Programa forestal provincial. Loja, Ecuador 24 -35 pp.

**HEAR- Hawaiian Ecosystems at Risk Proyect (2009).** “Leucanea sp.”. Publicado en internet- <http://www.hear.org/starr/images/image/?q=091104-0661&o=plants> [junio, 2011].

**HIDALGO, R. (2003).** “Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales”. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico n° 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia, 2-26 pp.

**HOFSTEDE, R.; LIPS, J.; & SEVINK, J. (1998).** “Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador”. Ediciones Abya-Yala, Quito.

**HOLDDRIDGE, L. (1987).** “Ecología basada en zonas de vida”. San José, Costa Rica IICA, pp 1-44.

**ICAFE – INSTITUTO DE CAFÉ DE COSTA RICA (1998).** “Manual de recomendaciones para el cultivo del café”. 1ª ed. Heredia, Costa Rica, 193pp.

**IGM – INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (2010).** “Carta Topográfica: Vilcabamba Escala 1:50.000 (CT-NVII-B4)”. Instituto Geográfico Militar, Ecuador. (IGM). Publicado en internet- [http://www.igm.gov.ec/cms/files/cartabase/n/NVII\\_B4.htm](http://www.igm.gov.ec/cms/files/cartabase/n/NVII_B4.htm) [diciembre,2010].

**IHCAFE- INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ (2001).** “Manual de caficultura”. 3ª ed. Tegucigalpa, Honduras, 211pp.

**INAMHI-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (2008).** “Anuario meteorológico 2008”. Quito, Ecuador.

**INEC -INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (2001).** “VI Censo de Población y V de vivienda, 2001”. Ecuador.

**INEC -INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (2008).** “Encuesta de la superficie y producción agropecuaria continua”. Quito, Ecuador.

**INIAP- INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (2008).** “Estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación en Ecuador”. Quito, Ecuador, 72 pp.

**IPGRI (2003).** “Descriptores del café (*Coffea* spp. y *Psilanthus* spp.)”. International Plant Genetic Resources Institute, Rome Mohammadi SA, Prassana BM. Analysis of genetic diversity in crop plants—salient statistical tools and considerations. Crop Sci 43:1235–1248.

**KENNERLEY, J. B. (1973).** “Geology of the Loja province, southern Ecuador”.

**LECEMA, P. T. (2000).** “Malezas de México”. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Publicado en internet - <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/pagina1.htm> [abril, 2011].

**LEÓN, J. (2000).** “Botánica de los cultivos tropicales”. 3ª ed. San José, Costa Rica, IICA, 350-364 pp.

**LÓPEZ-DOMÍNGUEZ, L. & ZURITA, G. (2001).** “Análisis estadístico de la producción de café en el Ecuador”. Tesis, Ingeniería en Estadística Informática, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

**LOZANO, P.; BUSMANN, R. & KUPERS, M. (2008).** “Natural landslides and pioneer communities in the Mountain Ecosystems of Eastern Podocarpus National Park”. *Caldasia* 30:1-19.

**MARTÍN, I. (2001).** “Conservación de los recursos fitogenéticos”. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.

**MEZQUITA DE CARVALHO, C.; COLOMBO, A.; M., STELLA & ROMALHO DE MORAIAS, A. (2006).** “Evolução do crescimento do cafeeiro (*coffea arabica* l.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio”. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(2): 243-250 pp.

**MOGUEL, P. & TOLEDO, V. M. (1999).** “Biodiversity conservation in tradicional coffee systems of Mexico”. *Conservation Biology* 13: 11-21.



**MOHAMMADI, S. A. & PRASANNA, B. M. (2003).** “Analysis of genetic diversity in crop plants – Salient statistical tools and considerations”. *Crop Sci* 43:1235-1248.

**MORA, N. (2008).** “Agrocadena de café”. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.

**MTOP - MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICA DE ECUADOR (2002).** “Plan maestro de vialidad”.

**MUSCHLER, R. (2000).** “Árboles en cafetales”. Modulo de enseñanza agroforestal. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Costa Rica, 137pp.

**NAVARRO, C. (2007).** “Genetic variation in Costa Rican populations of Spanish cedar”. Publicado en internet- <http://www.edinburgh.ceh.ac.uk/geneo/cedrela.htm> [mayo, 2011].

**NRI- NATURAL RESOURCE INSTITUTE (2010).** “Tephrosia vogelii”. Publicado en internet- [http://www.nri.org/projects/sapp/Tephrosia\\_vogelii.htm](http://www.nri.org/projects/sapp/Tephrosia_vogelii.htm) [junio, 2011].

**OLALLA MAÑAS, F.; LÓPEZ FUSTER, P. & CALERA BELMONTE, A. (2005).** “Agua y agronomía”. Mundi Prensa, 602pp.

**ORTEGA, J. (2003).** “Análisis sectorial del café”. Apuntes de Economía n° 40. Quito, Ecuador, 79pp.

**PAREDES, M. & GEPTS, P. (1995).** “Extensive introgression of middle american germplasm into Chilean common bean”. *Genet Resour Crop Evolution*, 42: 29-41.

**PBS – PROYECTO BOSQUE SECO (1999).** “Zonificación y determinación de los tipos de vegetación del bosque seco del sur occidente de la provincia de Loja”. Proyecto Bosque Seco (PBS)-INEFAN-SNV. Loja, Ecuador 140 pp.

**PLANTES & BOTANIQUE (2008).** “Acacia macracantha”. Publicado en internet- [http://www.plantesbotanique.org/galleries\\_gua08](http://www.plantesbotanique.org/galleries_gua08) [abril, 2011].

**PNUD - PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, SEPLADES - SECRETARÍA DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL Y CISMIL - CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIALES DEL MILENIO (2007).** “II Informe Nacional de los Objetivos del Milenio- Ecuador: Alianzas para el Desarrollo”.

**PNUD - PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, SEPLADES - SECRETARÍA DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL Y AECID - AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO (2010).** “Agenda zonal para el buen vivir: Propuestas de desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial”. Quito, Ecuador.

**PNUMA - PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (2007).** “Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO LOJA”. Ecuador, Loja.

**PROCAFÉ- FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ (2008).** “Rejuvenezca su cafetal: pode cafetos y vuélvalos productivos”.

**PROHENS, J.; BLANCA, J. & NUEZ, F. (2005).** “Morphological and molecular variation in a collection of eggplants from secondary center of diversity: Implications for conservation and breeding”. *J Am Soc Hortic Sci* 130: 54-63.

**RANC, L.; MUÑOS, S.; SANTONI, S. & CAUSSE, M. (2008).** “A clarified position for *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* in the evolutionary history of tomatoes (Solanaceae)”. *BMC Plant Biol* 8: 130.

**REGALADO, O. A. (2006).** “¿Qué es la calidad en el café?. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México, 309 pp.

**REHAB INICIATIVES (2010).** “Sistema agroforestal de café bajo sombra de laurel”. Publicado en internet-  
[http://www.cifor.org/rehab/\\_ref/countries/Peru/Initiatives.amazonas.htm](http://www.cifor.org/rehab/_ref/countries/Peru/Initiatives.amazonas.htm) [julio, 2011].

**RICHTER, M. & MOREIRA-MUÑOZ (2005).** “Heterogeneidad climática y diversidad vegetal en el sur de Ecuador: un método de fitoindicación. *Revista Peruana de Biología*, 12: 217-238.

**ROHLF, F. J. (1996).** “NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate system, vers. 2.0. Exeter Software”. Setauket, New York, Estados Unidos.

**ROOS, J. J. REID, J. B.; WELLER, J. L. & SYMONS, G. M. (2005).** “Shoot arquitectura I: Regulation of stem length”. *Plant architecture and its manipulation*, Blackwell Publishing, Oxford, Reino Unido, 57-91 pp.

**UMAPAL – UNIDAD MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO (2001).** “Plan maestro de agua potable y alcantarillado del municipio de Loja”. Ecuador, Loja.

**UNIGECC – PROYECTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA CUENCA BINACIONAL CATAMAYO-CHIRA (2002).** “Prediagnóstico socioeconómico de la cuenca Catamayo-Chira, Consorcio Los Ceibos”. Ecuador, 10-40 pp.

**VALENCIA, A. G. & BRAVO, G. E. (1975).** “Influencia del enclamiento en la producción de cafetales establecidos”. *CENICAFÉ*, Colombia, 32(1): 3-14.

**WIKIPEDIA (2010).** “La economía del café”. Publicado en internet-  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Economics\\_of\\_coffee](http://en.wikipedia.org/wiki/Economics_of_coffee) [mayo, 2011].

**ZOHARY, D. & SPIEGEL-ROY, P (1975).** “Beginning of fruit growing in the old world”. *Science* 187: 319-327.

# DOCUMENTO 2



## 1. MANO DE OBRA

1.1. Estudio socioeconómico de Vilcabamba							
DESCRIPCIÓN: Evaluar el desarrollo socioeconómico de los productores de APECAEL.	<b>OBJETIVO:</b> Establecer las características sociales, económicas y tecnológicas actuales de los productores de " <i>Coffea arabica</i> " en la región de Vilcabamba.						
	<b>INPUTS:</b> Censos INEC (Instituto nacional de estadísticas y censos) Estudios de la UTPL Encuesta al productor Registros fotográficos Registros de FAPECAFES						
MANO DE OBRA	Mano de obra especializada	Cantidad	Esfuerzo (hr)	Precio (\$/hr)	Coste año 1 (\$)	Coste año 2 (\$)	Coste Total (\$)
1.1.1. Revisión de bases de datos existentes en Vilcabamba (administraciones públicas, cooperativas y demás organismos involucrados).	Ingeniero Agropecuario	1	5	10	50	-	50
	Técnico Agropecuario	2	30	8	480	-	480
1.1.2. Realización de Encuestas poblacionales. Desarrollo de formularios y generación de registros de información.	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	20	-	20
	Técnico Agropecuario	2	40	8	640	-	640
1.1.3. Análisis de datos obtenidos en las encuestas poblacionales.	Ingeniero Agropecuario	1	12	10	120	-	120
	Técnico Agropecuario	2	35	8	560	-	560
1.1.4. Evaluación y presentación de resultados obtenidos.	Ingeniero Agropecuario	1	20	10	200	-	200
	Técnico Agropecuario	2	12	8	192	-	192
<b>Total coste Estudio Socioeconómico</b>					2.262	-	<b>2.262</b>

1.2. Caracterización morfológica y molecular							
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Toma de muestras de material vegetal, así como medición de datos directamente de la planta.	<b>OBJETIVO:</b> Conocer mediante la caracterización morfológica y molecular (todavía en ejecución) las diferentes variedades existentes en la zona.						
	<b>INPUTS:</b> Analizador de imagen (IMAGE TOOL) Programa estadístico NTSYS Programa estadístico STATGRAPHIC						
MANO DE OBRA	Mano de obra especializada	Cantidad	Esfuerzo (hr)	Precio (\$/hr)	Coste año 1 (\$)	Coste año 2 (\$)	Coste Total (\$)
1.2.1 Obtención de muestras de germoplasma de la parroquia Vilcabamba.	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	20	-	20
	Técnico Agropecuario	3	80	8	1.920	-	1.920
1.2.2. Medición del material vegetal mediante el analizador de imagen (IMAGE TOOL).	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	20	-	20
	Técnico Agropecuario	2	90	8	1.440	-	1.440
1.2.3 Introducción de datos medidos en los programas estadísticos y análisis de resultados.	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	20	-	20
	Técnico Agropecuario	2	50	8	800	-	800
1.2.4 Extracción de ADN y caracterización molecular.	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	20	-	20
	Técnico Agropecuario	2	100	8	1.600	-	1.600
<b>Total coste de las caracterizaciones</b>					5.840	-	<b>5.840</b>

1.3. Instalación de parcelas							
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Establecimiento de parcelas experimentales en las que se establecerán variedades de café adecuadas y se realizará un seguimiento fenológico.	<b>OBJETIVO:</b> Creación de parcelas demostrativas e instalación de un sistema de riego.						
	<b>INPUTS:</b> Planificación Urbanística y Territorial de Vilcabamba Información sobre requerimientos hídricos locales Estudios de la Universidad UTPL Subcontratas y proveedores						
MANO DE OBRA	Mano de obra especializada	Cantidad	Esfuerzo (hr)	Precio (\$/hr)	Coste año 1 (\$)	Coste año 2 (\$)	Coste Total (\$)
1.3.1. Búsqueda de parcelas que reúnan las características adecuadas para el desarrollo de café arábica.	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	20	-	20
	Técnico Agropecuario	2	30	8	480	-	480
1.3.2. Movimiento de tierras/laboreo.	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	20	-	20
	Técnico Agropecuario	2	6	8	96	-	96
	Peón	3	40	4	480	-	480
1.3.3. Instalación de sistema de riego.	Ingeniero Agropecuario	1	5	10	50	-	50
	Técnico Agropecuario	2	10	8	160	-	160
	Peón	5	45	4	900	-	900
<b>Total coste Instalación Parcelas</b>					2.206	-	<b>2.206</b>

1.4. Muestreo, toma de datos mediante GPS y análisis de suelos							
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Toma de muestras de la zona de estudio con el fin de evaluar las propiedades físico-químicas de los suelos. Uso del GPS para obtener los puntos de toma de muestra georeferenciados.	<b>OBJETIVO:</b> Realización de un muestreo, análisis de suelos y obtención de puntos georeferenciados.						
	<b>INPUTS:</b> Registros HCPL (Honorable Consejo Provincial de Loja) GPS Estudios sobre características físico-químicas de los suelos para cafetales Estudios de la Universidad UTPL						
MANO DE OBRA	Mano de obra especializada	Cantidad	Esfuerzo (hr)	Precio (\$/hr)	Coste año 1 (\$)	Coste año 2 (\$)	Coste Total (\$)
1.4.1. Toma de muestras de suelo y datos de GPS de la zona de estudio.	Ingeniero Agropecuario	1	5	10	50	-	50
	Técnico Agropecuario	6	70	8	3.360	-	3.360
	Peón	3	70	4	840	-	840
1.4.2. Análisis de muestras a nivel de laboratorio.	Ingeniero Agropecuario	1	6	10	60	-	60
	Técnico Agropecuario	2	60	8	960	-	960
<b>Total coste muestreo y análisis de suelos</b>					5.270	-	<b>5.270</b>



1.5. Trasplante							
DESCRIPCIÓN: Trasplante de plántulas de café seleccionadas.	OBJETIVO: Introducción y consolidación de variedades de " <i>Coffea arabica</i> " en parcelas demostrativas.						
	INPUTS:  Registros de FAPECAFES  Proveedores y subcontratas  INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias)						
MANO DE OBRA	Mano de obra especializada	Cantidad	Esfuerzo (hr)	Precio (\$/hr)	Coste año 1 (\$)	Coste año 2 (\$)	Coste Total (\$)
1.5.1. Análisis representativo de variedades de " <i>Coffea arabica</i> " adecuadas.	Ingeniero Agropecuario	1	3	10	30	-	30
	Técnico Agropecuario	2	8	8	128	-	128
1.5.2. Trasplante de plántulas de " <i>Coffea arabica</i> ".	Ingeniero Agropecuario	1	5	10	50	-	50
	Técnico Agropecuario	2	20	8	320		320
	Peón	4	40	4	640	-	640
Total coste del trasplante					1.168	-	1.168

1.6. Fertilización							
DESCRIPCIÓN: Seguimiento del desarrollo fenológico del café, así como la fertilización adecuada para cada etapa.	<b>OBJETIVO:</b> Identificación y aplicación de fertilizantes orgánicos según el desarrollo fenológico.						
	<b>INPUTS:</b> Estudios sobre fertilización orgánica Proyectos desarrollados por la UTPL Informes FAPECAFES Proveedores y subcontratas						
MANO DE OBRA	Mano de obra especializada	Cantidad	Esfuerzo (hr)	Precio (\$/hr)	Coste año 1 (\$)	Coste año 2 (\$)	Coste Total (\$)
1.6.1. Estudio previo sobre los abonos adecuados en cada etapa fenológica.	Ingeniero Agropecuario	1	5	10	26	24	50
	Técnico Agropecuario	2	8	8	68	60	128
1.6.2. Fertilización orgánica de parcelas.	Ingeniero Agropecuario	1	6	10	32	28	60
	Técnico Agropecuario	2	10	8	85	75	160
	Peón	3	40	4	254	226	480
<b>Total coste fertilización</b>					465	413	<b>878</b>

1.7. Programa epidemiológico							
DESCRIPCIÓN: Puesta en marcha de un programa epidemiológico.	<b>OBJETIVO:</b> Estudio e identificación de las diferentes plagas y enfermedades que afectan a los cafetales en las parcelas experimentales.						
	<b>INPUTS:</b> Informes sobre principales plagas y enfermedades que afectan a la caficultura ecuatoriana Estudios sobre el control ecológico de plagas y enfermedades Proveedores y subcontratas						
MANO DE OBRA	Mano de obra especializada	Cantidad	Esfuerzo (hr)	Precio (\$/hr)	Coste año 1 (\$)	Coste año 2 (\$)	Coste Total (\$)
1.7.1. Estudio previo sobre las principales plagas y enfermedades de la zona.	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	12	8	20
	Técnico Agropecuario	1	8	8	38	26	64
1.7.2. Control de plagas y enfermedades mediante tecnología sostenible.	Ingeniero Agropecuario	1	8	10	46	34	80
	Técnico Agropecuario	2	48	8	444	324	768
	Peón	3	30	4	208	152	360
<b>Total coste del programa epidemiológico</b>					748	544	<b>1.292</b>

1.8. Zonificación a nivel edafológico y climatológico							
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Mediante los resultados de análisis de suelos y datos climatológicos realizar una zonificación de áreas potenciales para el cultivo del café.	<b>OBJETIVO:</b> Elaboración de un mapa potencial de zonas óptimas para establecimiento de cafetales.						
	<b>INPUTS:</b>  Datos del GPS  Resultados del análisis de suelos  Estaciones meteorológicas de la zona						
MANO DE OBRA	Mano de obra especializada	Cantidad	Esfuerzo (hr)	Precio (\$/hr)	Coste año 1 (\$)	Coste año 2 (\$)	Coste Total (\$)
1.8.1. Creación de bases de datos mediante los valores del análisis de suelos y del GPS.	Ingeniero Agropecuario	1	2	10	12	8	20
	Técnico Agropecuario	2	16	8	153	103	256
1.8.2. Obtención de variables meteorológicas de la zona.	Ingeniero Agropecuario	1	6	10	36	24	60
	Técnico Agropecuario	2	8	8	77	51	128
1.8.3. Mediante SIG obtención del mapa potencial para el cultivo del café.	Ingeniero Agropecuario	1	5	10	30	20	50
	Técnico Agropecuario	2	50	8	480	320	800
<b>Total coste de la zonificación</b>					788	526	<b>1.314</b>

**1.9. Entrega de ejemplares del proyecto a los productores y reuniones de sociabilización y seguimiento del proyecto.**

<b>DESCRIPCIÓN:</b> Entrega de manuales elaborados por la UTPL y reuniones de socialización.	<b>OBJETIVO:</b> Transferencia de resultados a los socios de APECAEL						
	<b>INPUTS:</b> Resultados del informe final						
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Mano de obra especializada</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Esfuerzo (hr)</b>	<b>Precio (\$/hr)</b>	<b>Coste año 1 (\$)</b>	<b>Coste año 2 (\$)</b>	<b>Coste Total (\$)</b>
1.9.1. Elaboración de un informe final que muestre los resultados obtenidos y las recomendaciones a seguir según cada zona específica. Entrega del manual.	Ingeniero Agropecuario	1	6	10	20	40	60
	Técnico Agropecuario	2	80	8	427	853	1.280
1.9.2 Reuniones de seguimiento con los productores.	Ingeniero Agropecuario	1	30	10	100	200	300
	Técnico Agropecuario	7	80	8	1.493	2.987	4.480
<b>Total coste de las reuniones</b>					2.040	4.080	<b>6.120</b>

**COSTE TOTAL DE LA MANO DE OBRA**

<b>COSTE MANO DE OBRA</b>	<b>Coste año 1 (\$)</b>	<b>Coste año 2 (\$)</b>	<b>Coste Total (\$)</b>
<b>Estudio Socioeconómico</b>	2.262	0	2.262
<b>Caracterizaciones</b>	5.840	0	5.840
<b>Instalación Parcelas</b>	2.206	0	2.206
<b>Muestreo y análisis de suelos</b>	5.270	0	5.270
<b>Trasplante</b>	1.168	0	1.168
<b>Fertilización</b>	465	413	878
<b>Programa epidemiológico</b>	748	544	1.292
<b>Zonificación</b>	788	526	1.314
<b>Reuniones</b>	2.040	4.080	6.120
<b>Total coste mano de obra</b>	20.787	5.563	<b>26.350</b>

**2. TRANSPORTE Y DIETA**

<b>MOVILIZACIÓN</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Viajes</b>	<b>Coste Unitario (\$)</b>	<b>Coste año 1 (\$)</b>	<b>Coste año 2 (\$)</b>	<b>Coste Total (\$)</b>
Transporte y dieta	4	56	50	7.466	3.734	11.200
<b>Total coste de movilización</b>				<b>7.466</b>	<b>3.734</b>	<b>11.200</b>

**3. EQUIPOS, MATERIALES Y SUMINISTROS**

<b>EQUIPOS, MATERIALES Y SUMINISTROS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Coste Unitario (\$)</b>	<b>Coste año 1 (\$)</b>	<b>Coste año 2 (\$)</b>	<b>Coste Total (\$)</b>
Estación meteorológica	1	1	1.620	1.620	-	1.620
Espectrofotómetro UV	1	1	9.900	9.900	-	9.900
GPS	1	2	360	720	-	720
Congelador Vertical	1	1	900	900	-	900
Sistema de riego	1	1	12.600	12.600	-	12.600
SMART-Software Fertilización	1	1	1.350	1.350	-	1.350
Análisis de suelos (N, P, K, MO, Textura)	1	258	27	2.430	4.536	6.966
Fertilizantes y material de muestreo	1	4	337,5	450	900	1.350
Plántulas	1	720	1	720	-	720
Fundas de suelo	1	900	0,032	28,8	-	28,8
Monitoreo		450	1,03	463,5	-	463,5
Identificación taxonómica	1	450	2.358	955,8	105,3	1.061,10
Manejo integrado	1	84	10,75	451,5	451,5	903
<b>Total coste de equipos, materiales y suministros</b>				<b>32.589,6</b>	<b>5992,8</b>	<b>38.582,4</b>

**4. GASTOS GENERALES E IMPREVISTOS**

<b>GASTOS GENERALES E IMPREVISTOS</b>	<b>Coste Total (\$)</b>
10% del monto de la financiación externa	7.613,24
<b>Total coste evaluación y seguimiento</b>	<b>7.613,24</b>

**GASTOS TOTALES DEL PROYECTO**

<b>COSTE TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>Coste año 1 (\$)</b>	<b>Coste año 2 (\$)</b>	<b>Coste Total (\$)</b>
<b>Mano de obra</b>	20.768	5.550	26.350
<b>Movilidad</b>	7.466	3.734	11.200
<b>Equipos, materiales y suministros</b>	32.589,6	5.992,8	38.582,4
<b>Gastos generales e imprevistos</b>			7.613,24
<b>Total coste del proyecto</b>	<b>83.745,64\$</b>		





# DOCUMENTO 3



## **ÍNDICE PLANOS**

1. MAPA DE SITUACIÓN DE LA PARROQUIA VILCABAMBA Y DIVISIÓN PROVINCIAL DEL SUR DE ECUADOR
2. MAPA BASE
3. RÍOS
4. ÁREAS PROTEGIDAS
5. ISOTERMAS
6. ISOYETAS
7. PISOS ALTITUDINALES
8. PENDIENTE DEL TERRENO
9. CLASIFICACIÓN DE SUELOS
10. USO ACTUAL DEL SUELO
11. USO POTENCIAL DEL SUELO
12. EROSIÓN DEL SUELO
13. PROFUNDIDAD DEL SUELO
14. TEXTURA DEL SUELO
15. MATERIA ORGÁNICA
16. POTENCIAL HIDRÓGENO
17. DISTRIBUCIÓN DE NITROGENO
18. MAPA POTENCIAL PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ

